

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A
ROBOTIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND
ROBOTICS

NÁVRH KONSTRUKCE ZAKLADAČE K BEZHROTÉ BRUSCE JUPITER 125

CHALDER FOR GRINDER JUPITER 125

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

ALEŠ NOVÁK

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. RADIM BLECHA, Ph.D.

BRNO 2008

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Akademický rok: 2007/08

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Novák Aleš

který /která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Stavba výrobních systémů a zařízení (2302Z019)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Návrh konstrukce zakladače k bezhroté brusce Jupiter 125

v anglickém jazyce:

Chalder for grinder Jupiter 125

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Návrh konstrukčního řešení zakladače k bezhroté brusce Jupiter 125.

Technické požadavky:

Max. délka obrobku - 120 mm

Max. průměr obrobku - 12 mm

Max. hmotnost obrobku - 0,1 kg

Čas výměny obrobku - 3 s

Vedení valivá s trvalou náplní, možnost domazávání nebo použití jednotek Perma.

Svislý posuv - pneumatickými válci, tlumení v koncových polohách

- počet jednotek – 1 nebo 2

Příčný posuv - kuličkovým šroubem, servomotorem

Zakladač bude uzpůsoben pro zabudování do vnitřního prostoru stroje.

Cíle diplomové práce:

Vypracovat návrh konstrukčního řešení zakladače k bezhroté brusce Jupiter 125. Součástí konstrukčního návrhu jsou potřebné výpočty, výkresová dokumentace a ekonomické zhodnocení.

Seznam odborné literatury:

P.Berník, J.Píč: Obráběcí stroje

Kolíbal, Zdeněk.: Průmyslové roboty I. Konstrukce Průmyslových robotů a manipulátorů. VUT Brno, 1993

Kolíbal, Zdeněk.: Průmyslové roboty II. Konstrukce výstupních hlavic a periférií VUT Brno 1993

Knoflíček, R.: Mobilní robotické systémy, inertní učební texty ÚVSSaR FSI VUT V Brně, 1996

Vedoucí diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2007/08.

LICENČNÍ SMLOUVA

POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Aleš Novák
Bytem: č.p. 33, 53973, Skuteč - Hněvědice
Narozen/a (datum a místo): 13.6.1984, Pardubice

(dále jen "autor")

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta strojního inženýrství
se sídlem Technická 2896/2, 61669 FSI VUT v Brně
jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:

.....

(dále jen "nabyvatel")

Článek 1

Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

- ☐ disertační práce
- ☒ diplomová práce
- ☐ bakalářská práce

jiná práce, jejíž druh je specifikován jako

(dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Návrh konstrukce zakladače k bezhroté brusce Jupiter 125

Vedoucí/školicitel VŠKP: Ing. Radim Blecha, Ph.D.

Ústav: Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Datum obhajoby VŠKP:

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v:

- ☐ tištěné formě - počet exemplářů
- ☐ elektronické formě - počet exemplářů

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.

3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.

4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 - ☒ ihned po uzavření této smlouvy
 - ☐ 1 rok po uzavření této smlouvy
 - ☐ 3 roky po uzavření této smlouvy
 - ☐ 5 let po uzavření této smlouvy
 - ☐ 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne:

.....

Nabyvatel

.....

Autor

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá návrhem konstrukce zakladače k bezhroté brusce Jupiter 125. Zakladač je navrhnut pro obrobek o maximálním průměru 12 mm, maximální délky 120 mm a hmotnosti 0,1 kg. Jsou zde popsány komponenty, které byli použity při řešení, určen čas výměny obrobku, ekonomické zhodnocení a zpracována potřebná výkresová dokumentace.

Abstract

Thesis deal with proposal construction Chalder for centreless grinding machine Jupiter 125. Chalder is designed for workpiece with maximum average 12 mm, maximum longitude 120 mm and mass 0,1 kg. In the thesis are described components that were used at solving and intended time exchanges workpiece, the economics estimation and processed needed design documentation.

Klíčová slova

Pneumatický pohon, pneumatický mechanismus, vedení, energetický řetěz, koncový efektor, tlumič nárazu, lineární modul, servomotor, bezhroté broušení, manipulace, elektrický pohon, snímač, ekonomické zhodnocení

Key words

pneumatic drive, pneumatic mechanism, guideway, energy chain, end effector, shock absorber, linear module, servodrive, centreless grinding, manipulation, electric drive , sensor, economics estimation

Bibliografická citace

NOVÁK, A. *Návrh konstrukce zakladače k bezhroté brusce Jupiter 125*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 68 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Radim Blecha, Ph.D.

Místopřísežné prohlášení

„Místopřísežně prohlašuji, že jsem byl seznámen s předpisy pro vypracování diplomové práce a že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně. Ustanovení předpisů pro vypracování diplomové práce jsem vzal na vědomí a jsem si vědom toho, že v případě jejich nedodržení nebude vedoucím diplomové práce moje práce přijata.“

V Brně dne 23.5.2008

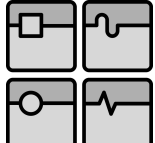
.....
Aleš Novák

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat především mé rodině, za veškerou podporu poskytnutou při studiu. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Jiřímu Jansovi za odborné rady při řešení diplomové práce a za ochotu, vstřícnost a čas který mi věnoval. Dále bych chtěl také poděkovat vedoucímu diplomové práce panu Ing. Radimu Blechovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky.

OBSAH

1	ÚVOD.....	12
2	ROZBOR ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	13
2.1	Broušení	13
2.1.1	Metody broušení	13
2.1.2	Brousící stroje – technologie broušení.....	14
2.1.3	Druhy brusek	15
2.1.4	Bezhraté broušení	15
2.1.5	Chlazení	17
2.2	Pohony a prvky používané v manipulační technice	17
2.2.1	Pneumatické a hydraulické mechanismy	17
2.2.2	Elektrické pohony	23
2.2.3	Pracovní hlavice	25
2.3	Analýza současného stavu	26
2.3.1	Popis brusky JUPITER 125	26
3	NÁVRH KONSTRUKCE ZAKLADAČE	27
3.1	Popis zakladače.....	27
3.2	Návrh koncového efektoru (chapadla).....	27
3.2.1	Popis a technické parametry chapadla PGN Plus 50-1	28
3.2.2	Senzory	29
3.3	Vedení pro svislou jednotku.....	30
3.3.1	Kontrolní výpočet vedení	31
3.4	Spojovací člen	32
3.5	Návrh pneumatického válce.....	33
3.5.1	Výpočet navrženého pneumatického válce	35
3.6	Tlumič nárazu	38
3.7	Energetický řetěz pro svislý zdvih	38
3.8	Další návrhy svislé jednotky.....	41
3.9	Nosná deska	43
3.10	Horizontální osa	45
3.10.1	Určení délky zdvihu	46
3.10.2	Návrh délky modulu	47
3.10.3	Kontrolní výpočet vybraného motoru	48
3.11	Energetický řetěz pro podélný zdvih	49
3.12	Stojiny zakladače.....	50
4	MONTÁŽNÍ POSTUP.....	52
5	POPIS FUNKCE ZAKLADAČE	53
6	PNEUMATICKÝ OBVOD	56
7	ČAS VÝMĚNY OBROBKU.....	57
7.1	Časy přesunů svislé jednotky – vodorovný směr	57
7.1.1	Časy jednotlivých výměn obrobku	60
8	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	63
9	ZÁVĚR.....	64
10	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	65
11	SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK	67
12	SEZNAM PŘÍLOH	68

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 12
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

1 ÚVOD

Diplomová práce se zabývá návrhem konstrukce zakladače k bezhroté brusce Jupiter 125, který bude automaticky vkládat a odebírat obrobky z pracovního prostoru stroje. Bezhroté broušení se uplatňuje zejména ve velkosériové a hromadné výrobě. Použitím zakladače se sníží nevýrobní časy, vzroste produktivita a efektivnost výrobního procesu a zautomatizuje se výroba. Zadání diplomové práce poskytla firma BSH Holice a.s., která se zabývá výrobou bezhrotých brusek. Ze zadání vyplývá, že zakladač k bezhroté brusce Jupiter 125 má být zkonstruován pro obrobek s parametry:

- maximální délka obroku120mm
- maximální průměr obrobku.....12mm
- maximální hmotnost obrobku.....0,1kg
- celkový čas výměny obrobku.....3s

Dále je požadováno, aby vedení byla valivá s trvalou náplní buď s možností domazávání nebo s použitím jednotek Perma. Svislý posuv má být realizován pneumatickými válci s tlumením v koncových polohách. Počet pneumatických válců buď 1 nebo 2. Při použití jednoho válce bude obrobek pouze vkládán a odebírání je uskutečněno odskokem podávacího vřeteníku. Použití dvou válců je v případě, že obrobek bude vkládán i odebírán zakladačem. Příčný posuv má být realizován kuličkovým šroubem a servomotorem. Celý zakladač musí být uzpůsoben pro zabudování do vnitřního prostoru stroje.

2 ROZBOR ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

2.1 Broušení

Broušení lze charakterizovat jako obrábění mnohabřítým nástrojem. Nástroj je tvořen zrny brusiva, která jsou spojena pojivem. Historicky patří mezi nejstarší metody obrábění materiálů, které člověk využíval již v prehistorických dobách k výrobě nebo úpravě životně důležitých pomůcek, především k ostření pracovních nástrojů a zbraní. V současné době je broušení využíváno jako hlavní metoda dokončovacího obrábění ve strojírenské výrobě, např. v automobilové výrobě, tvoří brusky a další dokončovací obráběcí stroje 25 % a ve výrobě valivých ložisek až 60 % všech obráběcích strojů.

S vývojem výkonných brousicích nástrojů a brusek se význam broušení rozšiřuje z původní oblasti dokončování i na hrubovací operace. Je tedy zřejmé, že z hlediska produktivity i výrobních nákladů může konkurovat ostatním metodám obrábění. [1]

2.1.1 Metody broušení

Podle tvaru obrobeného povrchu a způsobu jeho vytváření se rozlišuje:

- **rovinné broušení** - výsledkem je rovinná plocha
- **broušení do kulata** - výsledkem je rotační povrch
- **broušení na otáčivém stole** - broušení s rotačním posuvem
- **tvarové broušení** - broušení závitů, ozubených kol apod.
- **kopírovací broušení** - broušení s řízenou změnou posuvu, NC a CNC stroje
- **broušení tvarovými brousicími kotouči** - profil brousicího kotouče určuje konečný profil obrobku

Podle aktivní části brousicího kotouče se specifikuje:

- **obvodové broušení** - broušení obvodem kotouče
- **čelní broušení** - broušení čelem kotouče, kolmým k jeho ose

Podle vzájemné polohy brousicího kotouče a obrobku se charakterizuje :

- **vnější broušení** - broušení vnějšího povrchu obrobku
- **vnitřní broušení** - broušení vnitřního povrchu obrobku

Podle hlavního pohybu posuvu stolu¹ vzhledem k brousicímu kotouči se definuje :

- **axiální broušení** - hlavní posuv stolu je rovnoběžný s osou kotouče
- **tangenciální broušení** - hlavní posuv stolu je rovnoběžný s vektorem obvodové rychlosti kotouče ve zvoleném bodě

¹ termínem „stůl“ se označuje pohyblivá část brousicího stroje vzhledem k jeho základu, na stůl brusky se upevňuje obrobek nebo brousicí vřeteník

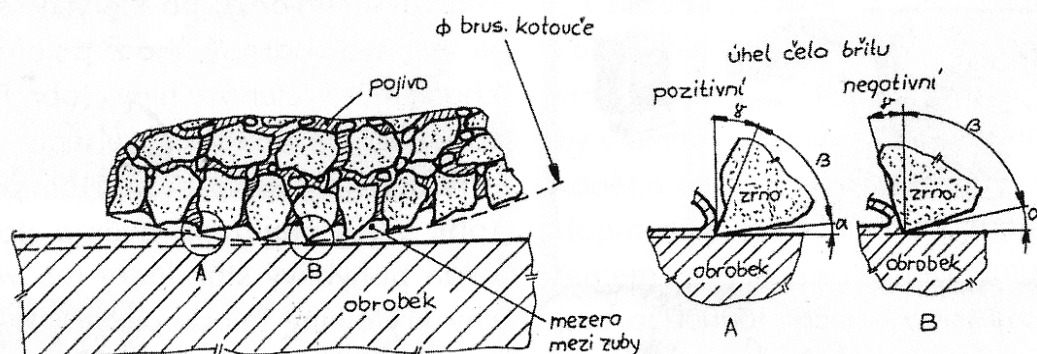
- **radiální broušení** - hlavní posuv stolu ve zvoleném bodě je radiální vzhledem k broušicímu kotouči
- **obvodové zapichovací broušení** - posuv stolu je plynulý radiální
- **čelní zapichovací broušení** - posuv stolu je plynulý axiální [1]

2.1.2 Brousící stroje – technologie broušení

Brousící stroje patří do skupiny strojů, které pracují s geometricky nedefinovaným břitem.

Používají se zejména tehdy, je-li požadován přesný tvar (kruhovitost např. i pod $0,2\mu\text{m}$) a rozměr obrobku přesnosti 1 až $3\mu\text{m}$, stejně tak jako pro získání vysoké jakosti obrobkové plochy ($R_a = 0,8$ až $0,2\mu\text{m}$), kterou jiným způsobem třískového obrábění (např. soustružením nebo frézováním) není možno docílit. Důležitou vlastností způsobů obrábění na těchto strojích je i možnost obrobení kalených materiálů.

Při broušení jsou zrna brousícího kotouče z technologického hlediska jako malé, tvarově nepravidelné zuby, na jeho činné ploše rovnoměrně rozloženy. Tvar břitu a řezné úhly závisí na uložení zrna v brousícím kotouči. Princip řezných poměrů dvojice nástroj-obrodek je ve zvětšeném měřítku znázorněn na obr. 2-1. Průřez odebírané třísky je velmi malý a bývá v hodnotách $0,0001$ až $0,002\text{mm}^2$.



Obr. 2-1 Řezné poměry dvojice „nástroj – obrodek“ při broušení

Hlavní řezný pohyb u brusek vykonává rotace nástroje – brousícího kotouče, popř. vzájemná rotace nástroje i obrobku. Velké řezné rychlosti používané při broušení jsou příčinou vývinu velkého množství tepla a vysoké teploty odřezávaných třísek. Z toho vyplývá nutnost vydatného chlazení obrobku. [2]

2.1.3 Druhy brusek

V následující tabulce je znázorněno základní rozdělení CNC brousících strojů.

<i>Vnější brusky</i>	<i>Vnitřní brusky</i>	<i>Universální</i>	<i>Multifunkční</i>	<i>Jiné</i>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ hrotové ▪ profilové ▪ rovinné ▪ bezhroté 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ otvorové 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ vodorovné ▪ svislé 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ vodorovné ▪ svislé 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ nástrojové ▪ na ozubení ▪ dvoukotoučové

Tab. 2-1 Rozdělení CNC brousících strojů [2]

2.1.4 Bezhruté broušení

Existují dva základní způsoby bezhrutého broušení. **Průchozí a zápichové.**

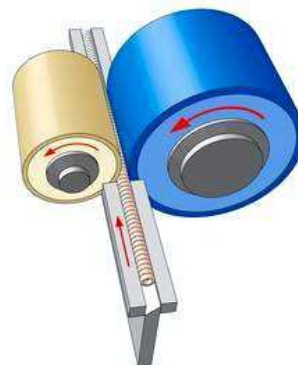
Bezhruté broušení umožňuje vysokou produktivitu práce. Průchozí i zápichovací způsob broušení se s úspěchem používá zejména v hromadné a velkosériové výrobě. U bezhrutého broušení představuje broušený povrch obrobku zároveň opěrnou plochu. Při broušení je obrobek veden podávacím kotoučem a ze spodu podepírán opěrným pravítkem. Bezhruté broušení je ideální řešení pro obrobky, které lze jen obtížně upnout kvůli jejich tvaru nebo malé velikosti. Za typickou aplikaci lze považovat např. broušení součástí valivých ložisek. [10]

PRŮCHOZÍ BROUŠENÍ

Méně nákladným procesem při bezhrutém broušení je průchozí broušení. Používá se pro broušení hladkých válcových součástí nebo i stupňovitých. Strojem prochází obrobky v souvislém sloupci, přičemž je broušen pouze jeden stejný průměr. Obrobek se při broušení otáčí obvodovou rychlostí podávacího kotouče a je veden na kalené vodící liště. Ve spojení s automatizovaným nakládáním a vykládáním procházejí obrobky strojem bez přerušení. [1, 10]

Oblasti využití průchozího broušení

- Čepy a ložisková tělesa
- Velké kroužky
- Malé kroužky
- Části pístů (např. do kompresorů)
- Hřídele s konstantním průměrem
- Pístní tyče (např. pro tlumiče odpružení)
- Malé písty pro hydrauliku a vstřikování
- Dráty a tyče
- Pístní čepy[10]



Obr. 2-2 Průchozí broušení

ZÁPICHOVÉ BROUŠENÍ

Tímto způsobem lze na jednom obrobku brousit současně i více různých průměrů. Zápichové broušení je efektivnější pro velkovýrobu, neboť náklady na přeseřízení jsou relativně vysoké kvůli výměně a ovrnění obou kotoučů a výměně opěrného pravítka.

Používá se u součástí, které mají nákržek, kuželové nebo tvarové plochy, případně více souosých válcových ploch a nemají středicí dülky. Součásti se vkládají axiálně shora k dorazu mezi brousící a podávací kotouč, jejichž osy jsou rovnoběžné. [1, 10]

Tímto způsobem lze brousit součásti různých tvarů a délek splňující podmínku:

$$L_{\max} \leq H$$

L_{\max} ... je maximální délka broušené části obrobku,
 H je šířka brousícího kotouče. [3]

Oblasti využití zápichového broušení

- Hřídele rotoru
- Části převodovky
- Hlavní ložiskové průměry vačkových hřídelí
- Části trubek pro montované vačkové hřídele
- Křížové čepy
- Části jehel pro vstřikovací zařízení
- Dřívky ventilů
- Soudečky [10]



Obr. 2-3 Zápichové broušení

Zvláštní znaky zápichového broušení

- a) pohyb (posuv) jednoho z kotoučů v radiálním směru při broušení
- b) osy kotoučů jsou rovnoběžné s opěrnou plochou vodící lišty
- c) obrobek nemá osový pohyb

Ve skutečnosti však svírá osa podávacího kotouče malý úhel (až 0,5°) s vodící plochou opěrného pravítka. Toto uspořádání, které jinak není příznačné pro tento způsob, má jen zabránit tomu, aby se obrobek neposouval v osovém směru. Při mírně skloněné ose podávacího kotouče je čelo obrobku stále přitlačováno k dorazu.

Kotouče se k sobě přibližují buď ručně nebo automaticky.

Obrobky se vkládají a vykládají z pracovního prostoru pomocí ručních vkladačů nebo různých zasouvacích systémů či manipulátorů. [3]

2.1.5 Chlazení

Na bezhrotých bruskách je nutno používat vydatné chlazení. Uvádí se až 8 litrů kapaliny za minutu, na 10mm aktivní šířky brousícího kotouče. Kromě chladícího, mazacího a vyplachovacího účinku vyžadujeme stabilitu kapaliny, hygienickou nezávadnost a neagresivnost vůči nátěrům strojů apod.

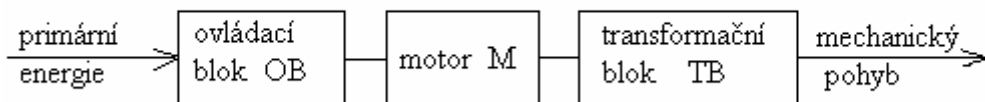
Jako chladicí kapaliny se často používají vodní olejové emulze, speciální syntetické kapaliny a v některých případech také olej.

Bezhraté broušení je zvláště citlivé na obsah nečistot v kapalině, ty totiž mohou ulpívat na podávacím kotouči a ovlivňovat tak stabilitu obrobku. Z toho vyplývá potřeba dobré filtrace chladicí kapaliny. [4]

2.2 Pohony a prvky používané v manipulační technice

Na obr. 2-4 je blokově znázorněna struktura pohonu manipulátoru. Tvoří ji tyto hlavní funkční části:

1. Motor (elektrický, hydraulický, pneumatický)
2. Ovládací blok (elektrický, hydraulický, pneumatický, kombinovaný)
3. Transformační blok (zařízení pro přizpůsobení charakteru a parametrů pohybu mezi výstupem motoru a výstupem pohybové jednotky)



Obr. 2-4 Blokové znázornění struktury pohonu manipulátoru

2.2.1 Pneumatické a hydraulické mechanismy

V konstrukcích manipulátorů a robotů se pneumatický a hydraulický pohon uplatňuje ve dvou hlavních oblastech. Hydraulický pohon v zařízeních především větších výkonů. Pneumatický pohon pro konstrukce jednodušších manipulátorů a robotů s menší nosností, periferních prvků a zařízení automatizovaných pracovišť. V souvislosti s konstrukcí manipulátorů lze uvést tyto přednosti tekutinového pohonu:

- možnost realizace přímočarých pohybů konstrukčně jednoduchými, rozměrově malými a spolehlivými motory bez nutnosti zařazení transformačního bloku
- jednoduché spojitě řízení základních parametrů pohonu, tzn. síly, krotícího momentu, rychlosti v celém rozsahu prostřednictvím řízení tlaku a proudu tekutiny
- nízká hodnota poměru hmotnosti a výkonu zejména u hydraulických motorů
- možnost přetížení motoru bez nebezpečí poškození

Jelikož jsem v řešení využil pneumatické prvky, budu se dále zabývat pouze touto skupinou.

VÝHODY A NEVÝHODY PNEUMATICKÝCH MECHANISMŮ

Výhody:

- Nejdostupnější médium (atmosférický vzduch)
- Výroba stlačeného média v centrálních kompresorovnách a snadný rozvod na vzdálenost řádově desítek metrů, při libovolném prostorovém uspořádání
- Snadné řízení (tlak, průtok) v širokém regulačním rozsahu
- Možnost přenosu velkých rychlostí
- Jednoduchá ochrana proti přetížení a vysoká přetížitelnost
- Odvod tepla pracovní kapalinou
- Možnost vytvářet libovolné struktury uspořádání typizovaných prvků
- Vysoká čistota provozu (pokud je vyfukovaný vzduch odváděn a filtrován)
- Možnost práce i ve značném rozdílu teplot prostředí
- Možnost práce i ve výbušném a zápalném prostředí

Nevýhody:

- Nutnost úpravy stlačeného média (filtrace, odvodnění, mazání)
- Nejdražší energie
- Malá tuhost mechanismů
- Nízký pracovní tlak \Rightarrow malá pracovní síla
- Hlučnost při expanzi plynů do ovzduší [5]

2.2.1.1 Přehled prvků používaných v pneumatických mechanismech

a) převodníky

Mění energii tekutiny na energii mechanickou a naopak.

PNEUMOTORY

- rotační
 - zubové
 - lamelové
- přímočaré
 - pístové
 - jednostranné
 - oboustranné
 - s plunžrem
 - teleskopické
 - s plovoucím pístem
 - membránové
 - měchové
- s kyvným pohybem
- pneumatické svaly



Obr. 2-5 Dvojitý pneumatický válec



Obr. 2-6 Jednočinný pneumatický válec



Obr. 2-7 Membranový pneumotor



Obr. 2-8 Kryvný pneumotor



Obr. 2-9 Fluidní sval

b) prvky pro řízení tlaku

TLAKOVÉ VENTILY

Tlakový ventil je prvek u něhož je tlak na vstupu téměř nezávislý na průtoku. Tlakové ventily rozlišujeme na pojistné a přepouštěcí.

Pojistný ventil zabráňuje stoupnutí tlaku v obvodu nad stanovenou hodnotu, tím jistí mechanismus proti přetížení a chrání prvky před poškozením,

Přepouštěcí ventil je určen k udržování nastaveného tlaku na konstantní hodnotě, je to v podstatě proměnný odpor zařazený paralelně ke generátoru, kterým trvale protéká určité množství kapaliny.

REDUKČNÍ VENTILY

Snižují tlak v obvodu na nastavenou hodnotu, kterou udržují téměř nezávisle na průtoku a na vstupním tlaku, nebo udržují konstantní tlakový spád. Redukční ventil snižuje tlak škrcením průtoku. Je to v podstatě proměnný odpor průtoku, jehož změna probíhá automaticky v závislosti na velikosti výstupního tlaku.



Obr. 2-10 Redukční ventil



Obr. 2-11 Redukční ventil

c) prvky pro řízení průtoku

ŠKRTÍCÍ VENTILY

Škrticí ventil je prvek u něhož lze spojitě měnit velikost průtočného průřezu. Průtočný průřez ventilu představuje odpor proti pohybu tekutiny. Velmi často se používají

škrtkící ventily spolu s jednosměrnými ventily, kdy v jednom směru je proud tekutiny škrcen a v druhém směru může volně proudit přes jednosměrný ventil.



Obr. 2-13 Škrtkící ventil



Obr. 2-12
Jednosměrný škrtkící
ventil



Obr. 2-14 Přesný škrtkící ventil

d) prvky pro řízení směru průtoku

Prvky pro řízení směru průtoku, nebo hrazení průtoku je možno rozdělit podle základních konstrukčních znaků do tří hlavních skupin:

- jednosměrné (zpětné) ventily
- rozváděče
- vestavné ventily
- logické prvky
- rychloodvětrávací ventily

JEDNOSMĚRNÉ VENTILY

Umožňují průtok tekutiny, pouze v jednom směru, v opačném směru průtok uzavírají. Při průtoku v jednom směru tekutina posune uzavírací prvek proti síle pružiny a protéká ventilem, v opačném směru tekutina společně s pružinou přitlačují uzavírací prvek do sedla a tak uzavírají průtok.

ROZVÁDĚČE

Jsou prvky, které v tekutinovém obvodu umožňují měnit směr proudu tekutiny, popřípadě jej uzavřít. Používají se především pro řízení směru a přerušování pohybu motorů. Rozváděče můžeme rozdělit na šoupátkové a ventilové.

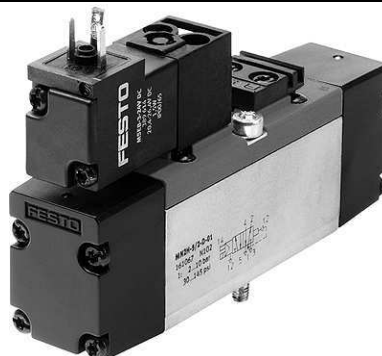
Rozdělení můžeme udělat např. podle způsobu ovládání rozváděče.

Ovládání:

- ruční
- mechanické
- hydraulické
- pneumatické
- elektromagnetické
- kombinace výše uvedených způsobů ovládání



Obr. 2-15 Elektropneumatický rozváděč



Obr. 2-16 Elektropneumatický rozváděč

LOGICKÉ PRVKY

Logické prvky se používají v tekutinových mechanismech pro dosažení jednoduchých logických operací. Nejčastěji se používají třicestné ventily pro logický součin a součet (AND a OR).



Obr. 2-17 Logický součin



Obr. 2-18 Logický součet

e) proporcionální prvky

Proporcionální ventily a rozváděče umožňují vyšší stupeň řízení tekutinových mechanismů. Svým uspořádáním umožňují spojitě řízení průtoku nebo tlaku elektrickými signály. Funkčně se podobají elektropneumatickým (elektrohydraulickým) servoventilům, ale nedosahují tak vysoké přesnosti řízení, frekvenční rozsahy proporcionálních ventilů se pohybují do 10 Hz a servoventily dosahují až 100 Hz. Svými vlastnostmi přispívají k zjednodušení obvodů, snížení nebo odstranění tlakových špiček, umožňují řízení rozběhu a brzdění tekutinových motorů.

f) Servomechanismy

Servoventily, popř. servorozváděče jsou mechanismy, ve kterých velikost řízeného výstupního parametru přesně odpovídá určité nastavené hodnotě vstupního signálu. K zajištění této funkce je nutné neustále kontrolovat hodnotu výstupního parametru, porovnávat ji s požadovanou hodnotou a v případě rozdílu okamžitě provádět potřebnou korekci. K tomuto procesu slouží zpětná vazba, která je nutnou podmínkou pro existenci servomechanismu. Dalším důležitým znakem servomechanismů je schopnost malým výkonem řídit velký výstupní výkon. Zesílení může probíhat v jednom, ve dvou nebo i ve třech stupních. Vstupní signál bývá většinou elektrický proud, napětí, tlak plynu, nebo mechanická výchylka. Nejčastěji se setkáváme s následujícími druhy servomechanismů:

- polohový (slouží k nastavování polohy/souřadnic)
- rychlostní (zajišťuje řízení rychlosti posuvu nebo otáčení)
- silový (reguluje na určitou výstupní sílu motoru)

g) vakuové prvky

Jsou pneumatické mechanismy, ve kterých se využívá podtlaku (vakua). Poměrně malé dosahované síly předurčují vakuové mechanismy pro manipulaci s hladkými a velkými předměty, jakou jsou papíry, plechy, plastové součásti, kartony apod. Vakuové mechanismy můžeme rozdělit do dvou základních kategorií:

- vývěvy
- ejektory

V současné době se používá ejektorů, do kterých je přiváděn tlakový vzduch a podtlak se vytváří až v místě použití, tato koncepce je výhodná zejména díky úsporám jak finančním tak i prostorovým (z jednoho zdroje máme tlakový vzduch i podtlak, možno použít centrální rozvody tlakového vzduchu).



Obr. 2-19 Ejektor



Obr. 2-20 Přísavka

h) pomocné prvky

Pomocné prvky se přímo nepodílejí na převodu energie ani nemají schopnost řídit velikost parametru přenášené energie, ale přesto jsou nezbytné pro vytvoření plně fungujícího tekutinového mechanismu. Jejich funkce podstatným způsobem ovlivňují spolehlivost a životnost tekutinových mechanismů.

ZÁSOBNÍKY

Zásobníky jsou prvky určené ke shromažďování tekutin. V pneumatických mechanismech se využívají vzdušníky, což jsou zásobníky, ve kterých je tlak vyšší než atmosférický tlak vzduchu. Slouží k akumulaci tlakové energie a její využití při špičkovém odběru, tlumení rázu v obvodu, kompenzaci tepelné roztažnosti tekutin atd.

ČISTIČE TEKUTIN A MAZNICE

Čističe (filtry) tekutin slouží ke snižování obsahu nečistot, které se do tekutin dostávají z vnějšího prostředí, nebo se vytvářejí při provozu vlastního mechanismu. Čištění tekutin je jednou z nejdůležitějších úkonů sloužící k zajištění požadované přesnosti a životnosti mechanismu.

Maznice slouží k mazání pohyblivých částí v pneumatických mechanismech. V závislosti na množství protékajícího plynu rozptyluje určité množství oleje, které je pracovní látkou přinášeno na pohyblivá zařízení a tímto zajišťuje jejich mazání. U moderních prvků renovovaných firmami není nutné užití maznic, jelikož jsou všechny prvky vyrobeny ze samomazných materiálů, nebo naplněny tuhým mazivem na celou dobu životnosti. Pokud použijeme tyto komponenty, můžeme vypustit z obvodu maznici tím ušetříme další komponenty jako např. filtry vzduchu a odlučovače oleje, jelikož rozptýlený olej neuniká do okolního prostředí.

TLUMIČE HLUKU

Pneumatické mechanismy jsou často velmi silnými zdroji hluku. Nejvíce hluku vzniká při rychlé expanzi plynů do okolního prostředí, proto se na všechny kanály, ve kterých dochází k tomuto jevu, montují tlumiče hluku.

JEDNOTKY PRO ÚPRAVU VZDUCHU

Prvky pro úpravu vzduchu se většinou vyrábějí ve stavebnicovém provedení tak, aby se daly skládat různé kombinace a docílit tím požadované úrovně úpravy vzduchu. Nejčastěji se jedná o celek skládající se z redukčního ventilu opatřeného manometrem, filtrem a maznicí.

VEDENÍ TEKUTIN A SPOJOVACÍ PRVKY

Přenos výkonu mezi jednotlivými prvky tekutinových mechanismů zajišťuje vedení. Vedení má vliv na tuhost celé soustavy, ovlivňuje náročnost montáže a bohužel působí na větší vzdálenosti jako odporový člen.

SENZORY

Nedílnou součástí moderních tekutinových mechanismů je senzorické osazení. Rapidní zlevnění elektroniky a zdražení mechanických součástí vedlo k zařazení elektronických prvků do tekutinových mechanismů. Bezkontaktní spínače snímající koncové polohy pístů a tlakové senzory patří mezi nejčastěji používané prvky, které je možno montovat přímo do obvodu. Elektropneumatické (hydraulické) převodníky a digitální odměřovací systémy slouží pro vyšší automatizování výrobních procesů.[5]

2.2.2 Elektrické pohony

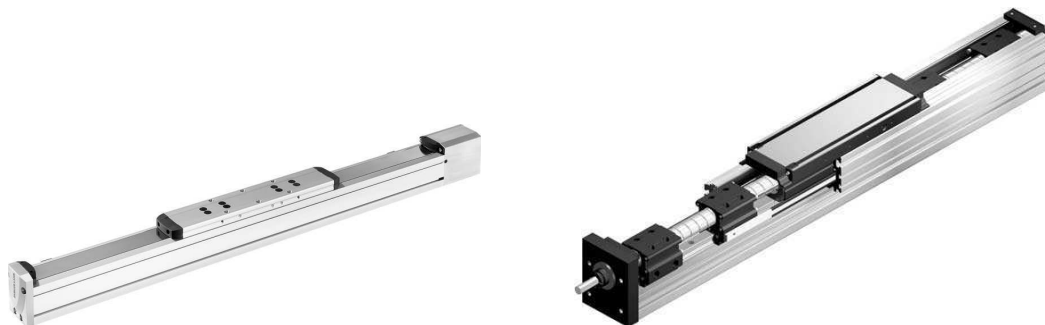
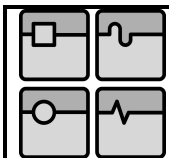
Elektrické pohony znamenají plynulý pohyb, přesné polohování, aktivní regulaci. Mechanická část pohonů může obsahovat mechanické vedení, ozubený řemen nebo vřeteno, a to v mnoha různých uspořádáních. Pohyb mohou zajišťovat stejnosměrné elektromotory, krokové motory, výkonné servomotory nebo lineární elektromotory s vynikající přesností a přitom úžasnou dynamikou pohybu. [8]

Za výhody elektrického pohonu se považuje:

- čistota provozu
- rychlá, téměř okamžitá pohotovost zastavení
- jednoduchost ovládání a dobrá řiditelnost významných mechanických veličin (M , n)
- snadná reverzovatelnost, možnost krátkodobého přetížení
- dobrá účinnost
- malá hmotnost, malá náročnost na údržbu a snadná vyměnitelnost
- možnost použití do složitých a nebezpečných prostředí
- jednoduchost vedení zdroje k motoru
- jednoduchost spojení s řídicími prvky
- čistota provozu

Za nevýhody se považuje:

- závislost na dodávce elektrické energie
- vysoké jmenovité otáčky
- značné požadavky na kvalitu provedení všech částí mnohdy složitých systémů [7]



Obr. 2-21 Lineární modul s kuličkovým šroubem (bez servomotoru)



Obr. 2-22 Lineární modul s ozubeným hřebenem (bez servomotoru)

2.2.2.1 Lineární pohony

Lineární motor je nasazován v aplikacích, kde jsou menší akční síly, ale velmi vysoké rychlosti. Mezi přednosti lineárních motorů patří:

- libovolně stavitelná magnetická dráha
- vysoká přesnost polohování (u lineárního motoru je přesnost polohování závislá pouze na typu odměřovacího systému
- velké dosahované rychlosti a zrychlení a jednoduché řízení

Nejčastější využívání lineárních motorů je v obráběcích strojích, balicích mechanismech, manipulační technice.[11]



Obr. 2-23 Lineární motor

2.2.3 Pracovní hlavice

Pracovní hlavice je umístěna na výstupu pohybového systému manipulátoru a umožňují zachycení objektů při manipulaci.

Charakteristické typy aplikací:

- Vkládání objektů do pracovního prostoru výrobních zařízení a jejich vyjímání
- Mezioperační manipulace
- Technologická operace
- Kontrolní operace

Podle charakteristických typů operací prováděných manipulátory nebo roboty lze uvažovat tyto typy pracovních hlavice:

- úchopné hlavice
- technologické, kontrolní a měřicí hlavice
- kombinované hlavice
- speciální hlavice

ÚCHOPNÉ HLAVICE – CHAPADLA

Základní rozdělení:

- s paralelním pohybem čelistí - dvoučelist'ová
- tříčelist'ová
- vícečelist'ová
- s úhlovým pohybem čelistí - dvoučelist'ová
- tříčelist'ová
- otočná chpadla - paralelní
- soustředná
- kyvná chpadla



A

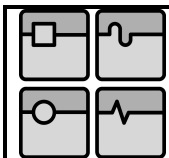


B



C

Obr. 2-24 Chapadla A - S paralelním pohybem čelistí dvoučelist'ové
B - S paralelním pohybem čelistí tříčelist'ové
C - S úhlovým pohybem čelistí dvoučelist'ové



2.3 Analýza současného stavu

Jupiter 125 je bruska určena pro bezhroté broušení. V současné době se u brusek používají pro odebírání obrobků ruční zakladače nebo automatizační systémy. K této brusce, která je teprve v režimu návrhu, má být zkonstruován zakladač pro vkládání a vyjímání obrobků ze stroje. To značně sníží nevýrobní časy a zvýší produktivitu.

2.3.1 Popis brusky JUPITER 125

Maximální rozměry stroje 1,6 x 3,0 x 2,1 m

Brousící kotouč

Max. průměr 500mm
Min. průměr 420mm
Šířka kotouče 125mm

Podávací kotouč

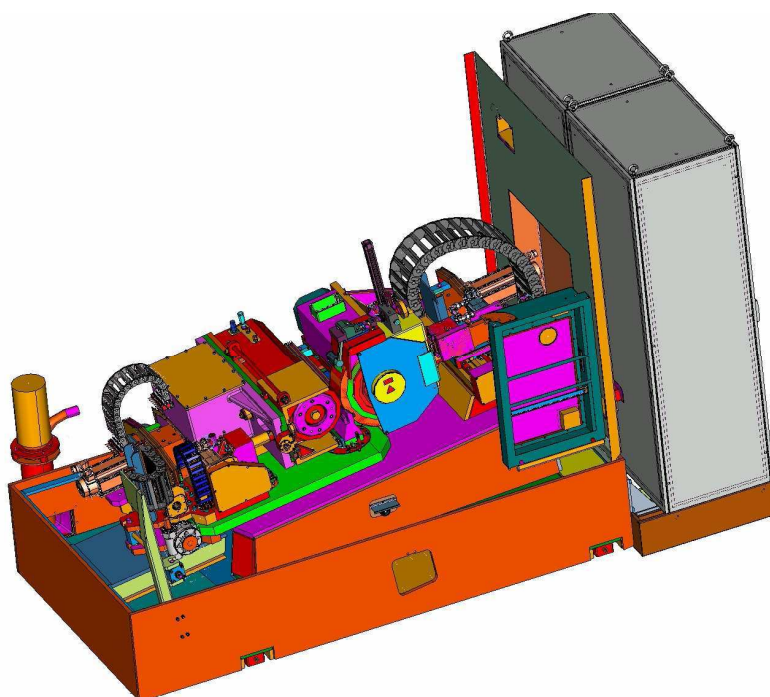
Max. Průměr 300mm
Min. průměr 250mm
Max. Šířka 135mm

Brousící vřeteník

Pracovní zdvih 240mm
Minimální přestavení 0,0001mm

Podávací vřeteníku

Pracovní zdvih 160mm
Minimální přestavení 0,001mm



Obr. 2-25 Jupiter 125

3 NÁVRH KONSTRUKCE ZAKLADAČE

3.1 Popis zakladače

Zakladač se skládá ze dvou hlavních částí - vodorovné osy a svislé jednotky s nosnou deskou. Tyto jednotky zajišťují pohyb ve dvou na sebe kolmých směrech.

Hlavní části svislé jednotky jsou - koncový efektor (chapadlo), pneumatický válec, vedení, člen spojující chapadlo s vedením a pneumatickým válcem. Vodorovná jednotka je složena z lineárního přímočarého modulu, který obsahuje vedení, kuličkový šroub a servomotor.

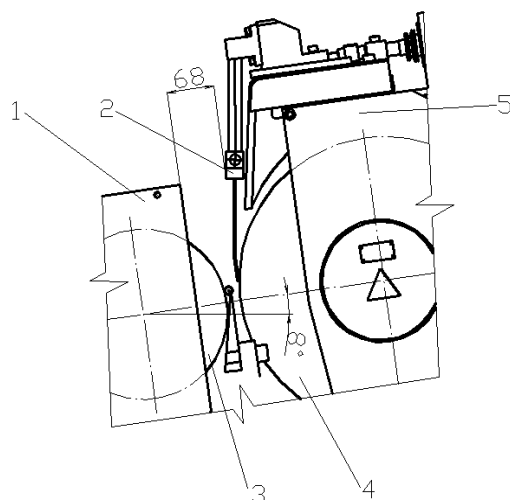
Svislá jednotka je připevněna k vodorovné ose nosnou hliníkovou deskou. Vodorovná jednotka je pak uchycena na stojinách, které jsou přichyceny k brusce.

3.2 Návrh koncového efektoru (chapadla)

Chapadlo je navrženo pro maximální rozměry obrobku, které bude bruska schopna brousit. Tedy na průměr obrobku 12mm, délku obrobku 120mm a hmotnost 0,1kg.

Prvním kritériem výběru koncového efektoru je prostor mezi krytem podávacího kotouče a hubicí chlazení, do kterého se musí chapadlo vejít. Jelikož se jedná o zápichové broušení bude obrobek ustaven mezi podávací kotouč a opěrné pravítko, brousící kotouč pak bude přijíždět a odjíždět v radiálním směru do potřebné vzdálenosti. Tím vznikne potřebný prostor mezi krytem podávacího kotouče a hubicí chlazení.

Nejhorší kombinací je, když jsou oba kotouče obroušeny na minimální průměr. Při této variantě vznikne nejmenší vzdálenost mezi krytem podávacího kotouče a hubicí chlazení. Do tohoto prostoru se musí vejít koncový efektor zakladače. Vzdálenost mezi krytem podávacího kotouče a hubicí chlazení vychází přibližně **68mm**, viz. obr. 3-1. Dalším kritériem je, aby chapadlo mělo co nejmenší hmotnost. Rychlost pohybu válce je totiž závislá na hmotnosti, s kterou válec pohybuje, čím je vyšší tím pomaleji se pohybuje válec, protože vznikají setrvačné síly.

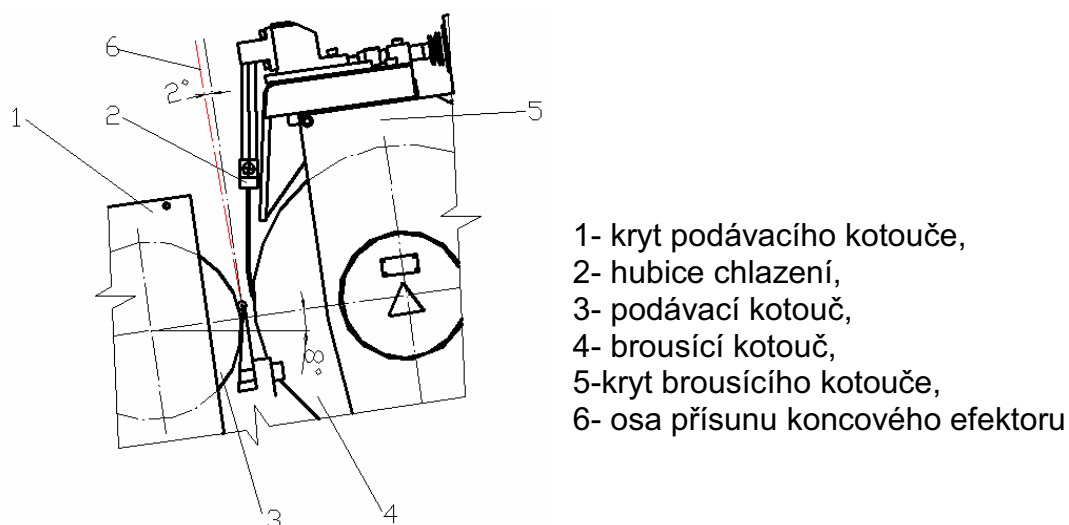


- 1- kryt podávacího kotouče
- 2- hubice chlazení
- 3- podávací kotouč
- 4- brousící kotouč
- 5- kryt brousícího kotouče

Obr. 3-1 Manipulační prostor

Bylo vybráno chapadlo **PGN-plus 50-1** od firmy Schunk, která dodává chapadla firmě BSH Holice a.s. Toto chapadlo svými rozměry – 30 x 31 x 65 - splňuje nároky na poměrně malý pracovní prostor a hmotnost.

Po konzultaci s panem ing. Jansou bude obrobek vytahován v rovině nakloněné o 2° od roviny kolmé ke spojnici os obou kotoučů směrem ke krytu podávacího kotouče z důvodu lepšího přístupu chapadla k obrobku. Jelikož čelisti nebudou zalomené, můžeme využít jejich maximální přípustnou délku, která činí 64mm.



Obr. 3-2 Prostor mezi krytem podávacího kotouče a hubicí chlazení

3.2.1 Popis a technické parametry chapadla PGN Plus 50-1

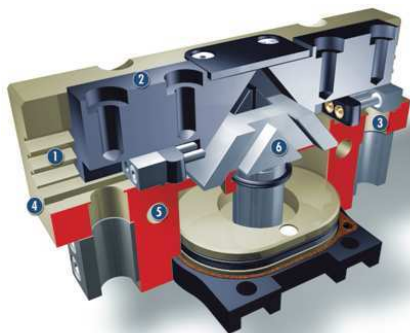
Tento typ koncového efektoru obsahuje robustní několikazubé vedení pro precizní manipulaci s vysokou zatížitelností a je vhodné pro použití dlouhých čelistí. Na obr. 3-3 je řez chapadlem, v němž je vidět oválný tvar pístu. Oválný píst má větší plochu než píst kruhový, což přispívá ke zvýšení upínací síly.

Technické parametry PGN plus 50-1:

Zdvih na jednu čelist	4mm
Uzavírací síla	140 N
Otevírací síla	145 N
Hmotnost	0,1 kg
Spotřeba vzduchu na dva zdvihy	5 cm ³
Minimální tlak	2,5 bar
Maximální tlak	8 bar
Uzavírací čas	0,02 s
Otevírací čas	0,02 s
Maximální povolená délka čelistí	64 mm
Opakovatelná přesnost	0,01 mm

Uzavírací a otevírací časy jsou čistě časy, kdy jsou čelisti v pohybu. Časy přesunu rozvaděče, čas plnění hadic nebo reakční časy PLC nejsou zahrnuté a musí být uvažovány při určování času cyklu. [12]

Jelikož přiváděný tlak bude 4 bar bude upínací síla menší než je uvedeno. Tento pokles síly nevádí, jelikož obrobek bude upnut mezi čelisti, které budou opatřeny hroty, a tím bude i zajištěna bezpečná manipulace s obrobkem. Dále bude kratší i čas uzavírání a otevírání čelistí.



Obr. 3-3 Řez chapadlem PGN plus 50-1



Obr. 3-4 PGN plus 50-1

3.2.2 Senzory

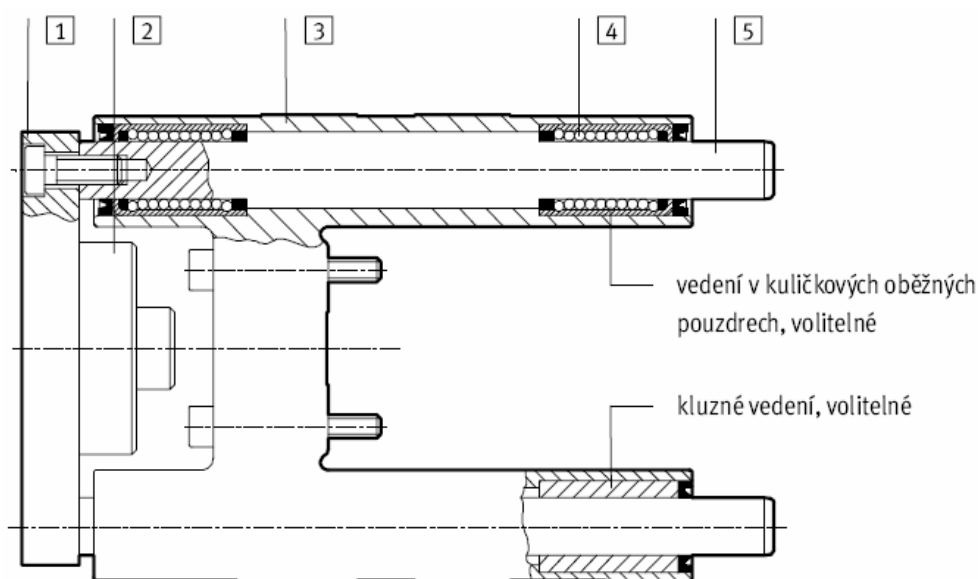
Aby řídicí systém zaznamenal, že je chapadlo uzavřeno, případně otevřeno a tím byla zajištěna správná funkce chapadla, upnutí obrobku, musí být chapadlo vybaveno senzory. Pro toto chapadlo byly vybrány magnetické senzory typu **MMS 22-S-M8-PNP**, které reagují na kovový segment umístěný v čelisti a jsou odolné vůči chvění, prachu i vlhkosti. Jeden snímač pro jednu polohu. Pro polohy otevřeno a zavřeno nutnost dvou snímačů.



Obr. 3-5 Elektromagnetický senzor MMS-22-M8-PNP

3.3 Vedení pro svislou jednotku

Pro vedení pístnice pneumatického válce bylo vybráno vedení **FENG -32-320-KF** od firmy Festo. Tato vodící jednotka slouží k pojištění válce proti pootočení a poskytuje vysokou přesnost vedení. FENG-32-320-KF je vodící jednotka s uložením vedení v kuličkových oběžných pouzdrech.



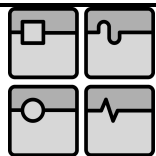
Obr. 3-6 Funkční řez vodící jednotky FEN/FENG

Na obr. 3-6 je znázorněn funkční řez vodící jednotky FEN/FENG. Hlavní části jednotky jsou:

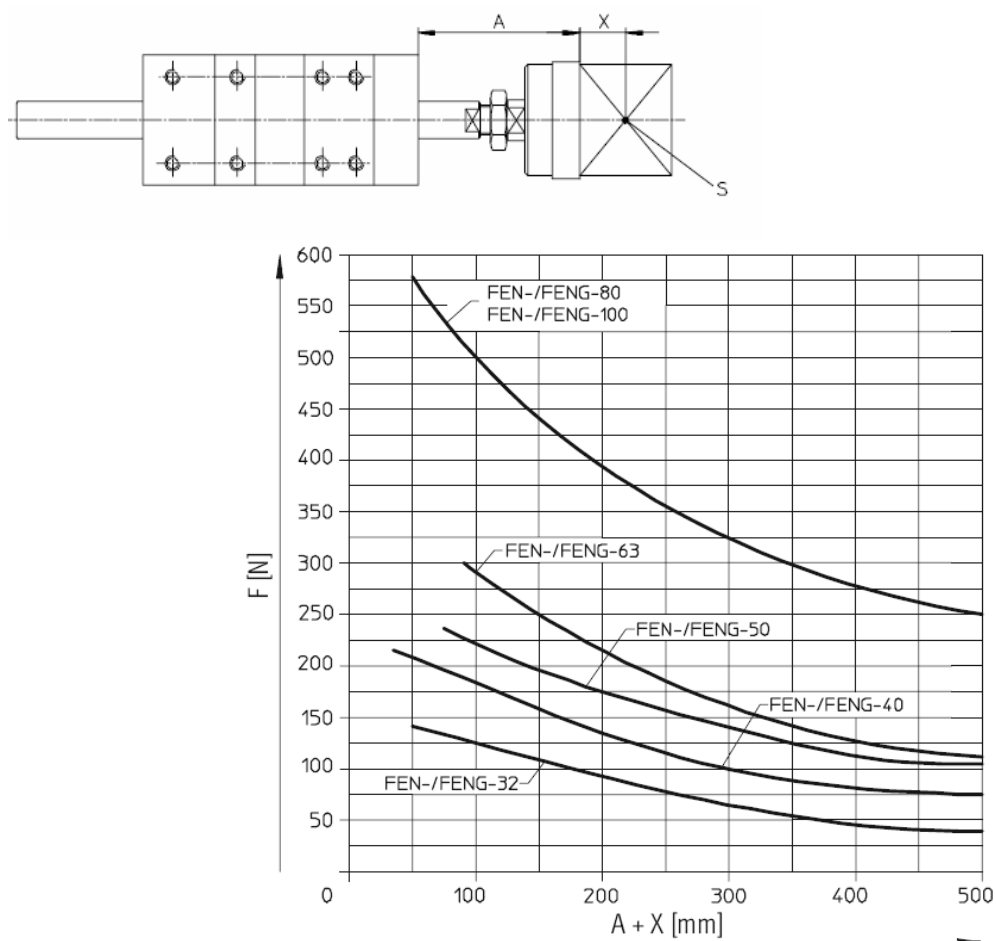
- 1 - posuvová deska
- 2 - spojka
- 3 - vedení
- 4 - ložisko
- 5 - vodící tyče

Protože válec typu DNC-... mají integrované drážky pro čidla nepotřebují obvykle žádné upevňovací sady. Při kombinaci válce DNC-32-320-PPV-A-KP s vodící jednotkou FENG je však kvůli zakryté přední montážní poloze magnetického čidla potřebná upevňovací sada **SMB-8-FENG-32/40**. [13]

Jelikož celá svislá jednotka pracuje nakloněná pod úhlem 10° od vertikální osy, dá se předpokládat, že vedení nebude téměř vůbec namáháno. Tento předpoklad potvrzují kontrolním výpočtem.



3.3.1 Kontrolní výpočet vedení



Obr. 3-7 Graf maximálních užitečných zátěží pro jednotlivé jednotky

$$F_x = m \cdot g \cdot \sin \alpha$$

$$F_x = 0,58 \cdot 9,81 \cdot \sin 10$$

$$F_x = 0,98 N$$

$$A = 320 \text{ mm}$$

$$X = 72,2 \text{ mm}$$

$$A + X = 392,2 \text{ mm}$$

$$F = 45 \text{ N} \dots \text{Odečteno z grafu (obr. 3-7)}$$

$$F_x < F \text{ podmínka splněna} \rightarrow \text{vedení vyhovuje}$$

Kde:

α – úhel sklonu vedení od svislé od vertikální osy

m – pohybovaná hmotnost [kg]

g – tíhové zrychlení [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$]

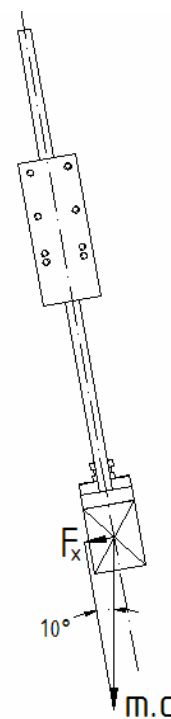
A – vysunutí [mm]

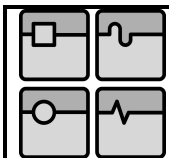
X – vzdálenost těžiště užitečné zátěže [mm]

S – těžiště užitečné zátěže

F – max. užitečná zátěž v závislosti na vysunutí A [mm]

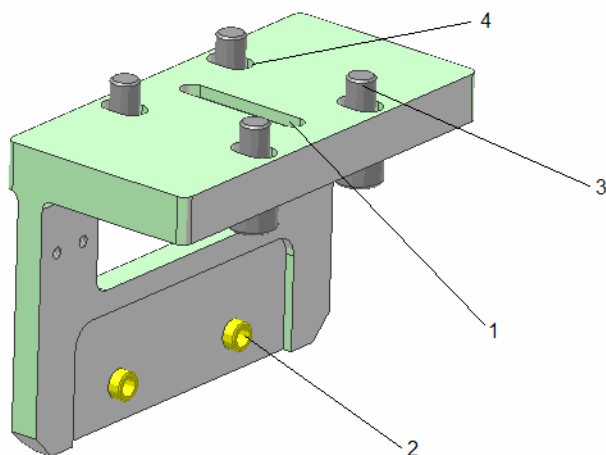
F_x – skutečná zátěž [N]





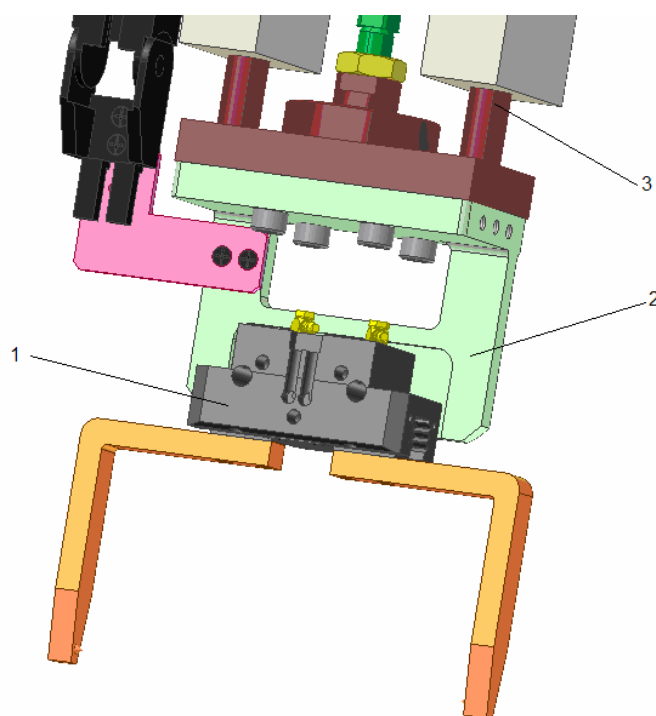
3.4 Spojovací člen

Tato součást byla navržena pro připevnění koncového efektoru k desce vedení. Spojovací člen je vyroben z hliníku z důvodu menší hmotnosti. Pro připevnění k desce vedení byly využity připojovací závitové otvory v desce vedení. Připojení bude realizováno pomocí 4 šroubů M6. Koncový efektor bude uchycen pomocí 2 šroubů M4 a středících pouzder.



Obr. 3-8 Spojovací člen, 1-drážka pro pero, 2-středící pouzdro, 3-šroub M6, 4-drážka pro šroub

Dále jsou do součásti místo klasických děr pro šrouby, vyfrézované podélné drážky a to z důvodu možnosti nastavení přesné polohy chapadla vůči obrobku. Pro zajištění přesného směru pohybu je zde ještě vyfrézována drážka pro pero. (viz obr. 3-8.)

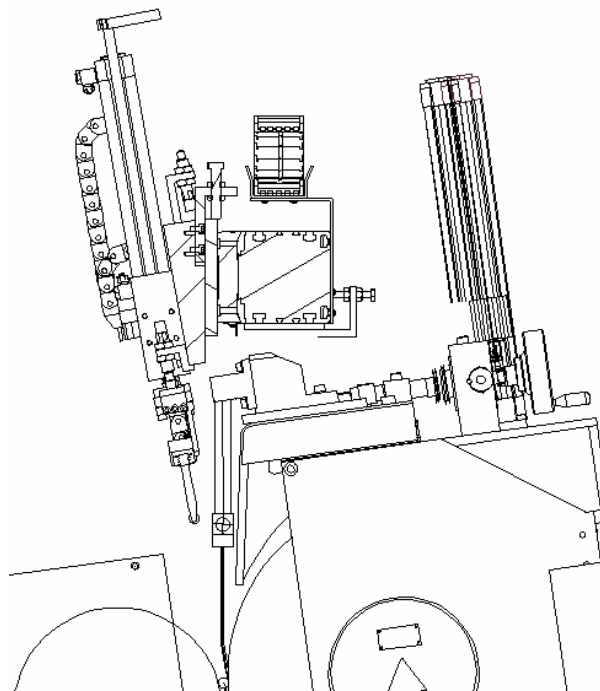


Obr. 3-9 Svislý zdvih, 1-chapadlo, 2-spojovací člen, 3-vedení

3.5 Návrh pneumatického válce

Pro realizování svislého zdvihu je navrhnut pneumatický válec od firmy Festo. Jedna z možných variant zajištění svislého pohybu je použití válce s označením **DNC-32-200-PPV-A-KP**. Válec má průměr pístu 32mm, délku zdvihu 200mm, nastavitelné pneumatické tlumení v obou koncových polohách, možnost snímání poloh a je opatřen brzdou.

Délka zdvihu byla navržena tak, aby při pohybu ve vodorovném směru, kdy je píst v horní poloze (viz obr. 3-10), nenarazila žádná část svislé jednotky do žádné části brusky a byl tak zajištěn bezpečný přesun obrobku. Při uvažování nejhorší varianty, kdy budou oba kotouče obroušeny na minimální průměr, je vzdálenost obrobku od hubice chlazení **15mm**, což je postačující pro bezpečný přesun. Další kritérium, podle kterého byl válec vybírán, bylo, aby měl co nejmenší zdvih z důvodů dosažení co nejkratších časů vyjždění a zajiždění pístu a po ustavení celého zakladače se vešel do vnitřního prostoru brusky.

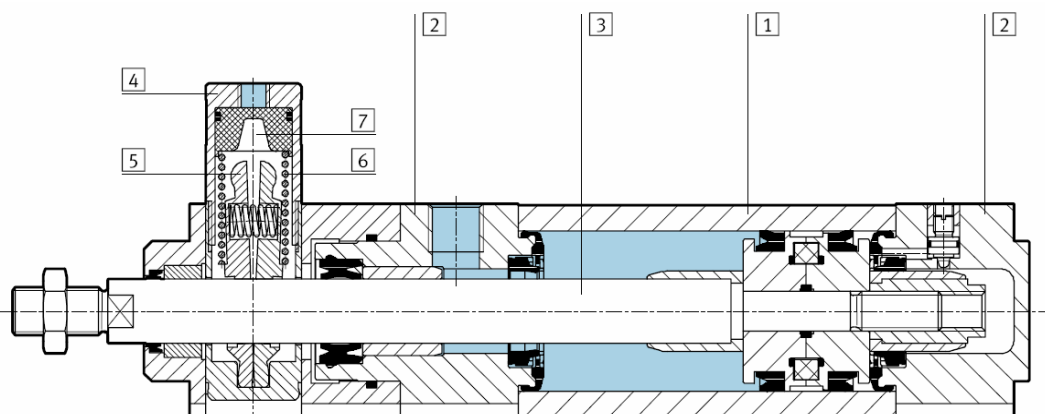
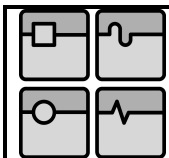


Obr. 3-10 Svislá jednotka – ustavení

Jelikož bude válec ustaven téměř ve svislé poloze, přesněji pod úhlem 10° od svislé osy je pro bezpečnost provozu nezbytná brzda. Při výpadku provozního média by mohlo dojít k neřízenému pohybu pístnice směrem dolů a tím i k případné kolizi.

Funkce brzdy:

Brzda přidrží popřípadě zabrzdí pístnici v libovolné poloze při upínacích, obráběcích nebo manipulačních úlohách a přidrží pístnici po dlouhou dobu i při střídavé zátěži, výkyvech provozního tlaku a únicích vzduchu. Brzda se skládá z tělesa, pružiny, brzdících čelistí a pístu.[14]



Obr. 3-11 Funkční řez válcem DNC....-KP

Na obr 3-11 je znázorněn řez válcem DNC... -KP, který s skládá z těchto částí:

- 1 – trubka válce
- 2 – víka, přední a zadní
- 3 – pístnice
- 4 – těleso
- 5 – brzdící čelisti
- 6 – pružina
- 7 – píst

Hlavní údaje:

- délka zdvihu 10 až 2000mm
- moderní a účelná konstrukce šetří až 11% prostoru v porovnání s běžnými válci podle norem
- dvojice drážek pro čidla ze tří stran válce
- čidla mohou být zapuštěna do profilu válce
- rozsáhlé příslušenství umožňuje řešení téměř každé situace
- prostřednictvím elektronického systému tlumení SoftStop lze bezpečně dosáhnout nejvyšších rychlostí a přesto tlumit dojezd bez otřesů
- přední i zadní víko je přímo spojeno s trubkou válce závitem
- šrouby s vnitřním šestihranem a vnitřním závitem pro upevňovací prvky
- hladký uzavřený povrch díky zakrytí drážek pro čidla lištou (ochrana kabelů čidel a ochrana před znečištěním drážky v profilu)
- pružné dorazy (kroužky) pro pohlcení zbytkové energie pro rychlé pohyby a krátký takt stroje
- standardní válce a stavebnice výrobku [14]

3.5.1 Výpočet navrženého pneumatického válce

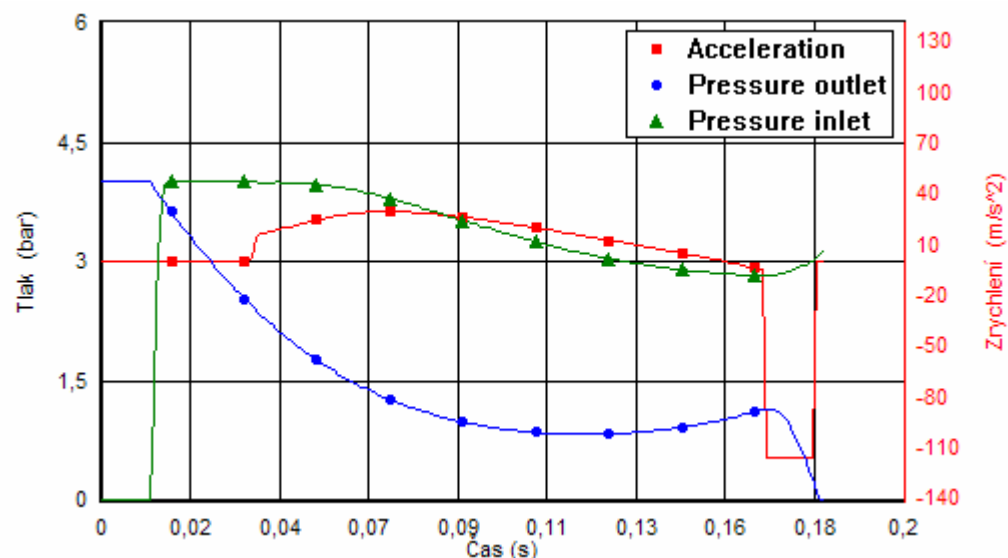
Pro výpočet pneumatického válce byl použit program *Festo ProPneu – Version 4.2.2.18*

Vstupní zadané hodnoty – **zajíždění** pístu

Požadovaný zdvih	200 mm
Úhel montáže	-80°
Směr pohybu	zajíždění
Provozní tlak	4 bar
Pohybovaná zátěž	1,9 kg
Typ pohonu	DNC-32-200-PPV-A
Škrťací ventil	GRLA-1/8-QS-8-RS-B

Vypočtené hodnoty

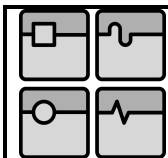
Čas dosažení koncové polohy	0,18 s
Kinematická energie nárazu	5,98 J
Průměrná rychlost	1,09 m/s
Střední rychlost vzduchu	65,88 m/s
Rychlost nárazu	2,22 m/s
Minimální spotřeba vzduchu	0,8102 l
Maximální rychlost	2,24 m/s
Nastavení tlumení	100 %



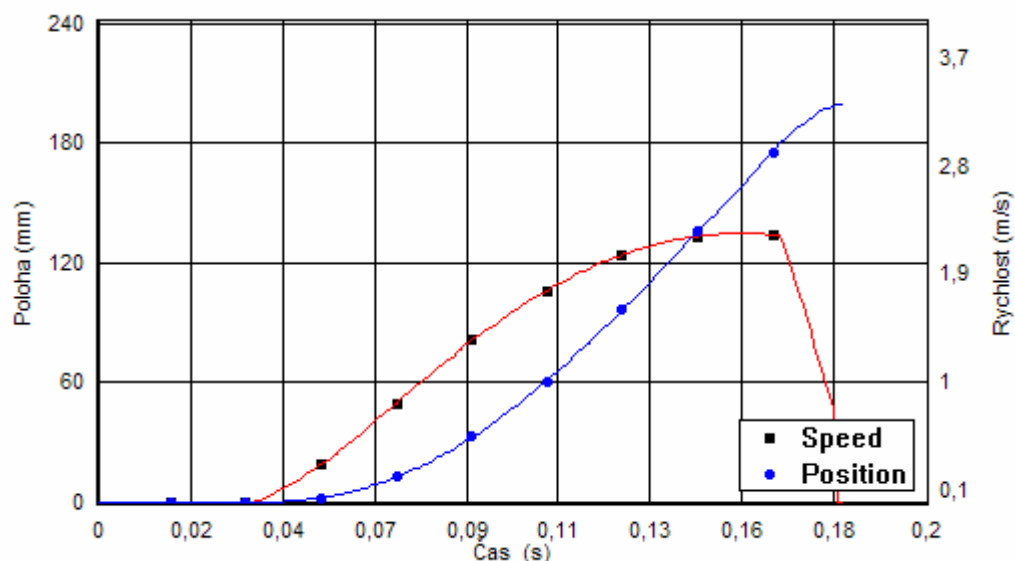
Obr. 3-12 Závislost zrychlení, tlaku na vstupu a tlaku na výstupu na čase

Na obr. 3-12 je zobrazena závislost tlaku na vstupu, tlaku na výstupu a zrychlení na čase. Z grafu můžeme vyčíst, že po přivedení provozního média do prostoru válce prudce vzrůstá tlak na hodnotu 4 bar, avšak píst zatím stojí. Ten se začne pohybovat až po určitém čase, což je znázorněno nárustem zrychlení. Při dojíždění pístu do koncové polohy nastane prudké zpomalení. To je způsobeno jednak integrovaným tlumením v koncových polohách a jednak tlumičem nárazu, který zde musí být pro pohlcení kinetické energie nárazu.

Nastavení průtoku škrťacího ventilu GRLA-1/8-QS-8-RS-B je na 80%.



Obr. 3-13 znázorňuje průběh rychlosti a polohy pístu v závislosti na čase.



Obr. 3-13 Závislost rychlosti a pozice pístu na čase

Stejný výpočet byl proveden i pro druhý směr pohybu pístu.

Vstupní zadané hodnoty – vyjždění pístu

Požadovaný zdvih	200 mm
Úhel montáže	-80°
Směr pohybu	vyjždění
Provozní tlak	4 bar
Pohybovaná zátěž	1,9 kg
Typ pohonu	DNC-32-200-PPV-A
Škrťací ventil	GRLA-1/8-QS-8-RS-B

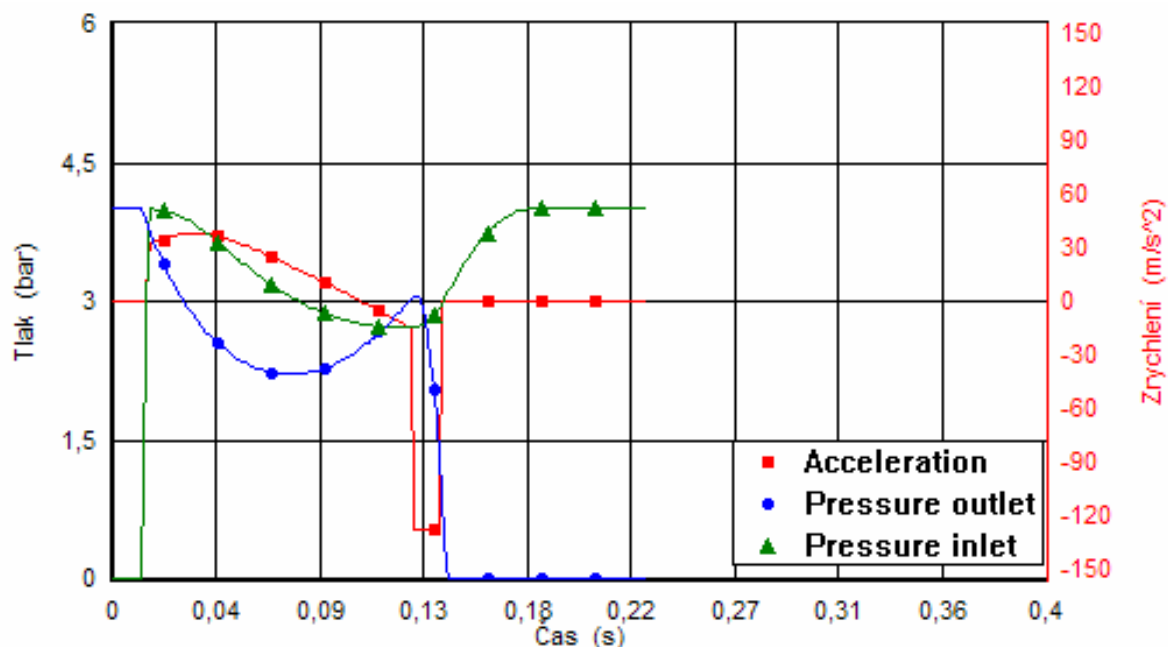
Vypočtené hodnoty

Čas dosažení koncové polohy	0,14 s
Kinematická energie nárazu	5,47 J
Průměrná rychlost	1,41 m/s
Střední rychlost vzduchu	54,41 m/s
Rychlost nárazu	2,12 m/s
Minimální spotřeba vzduchu	0,922 l
Maximální rychlost	2,3 m/s
Nastavení tlumení	100 %

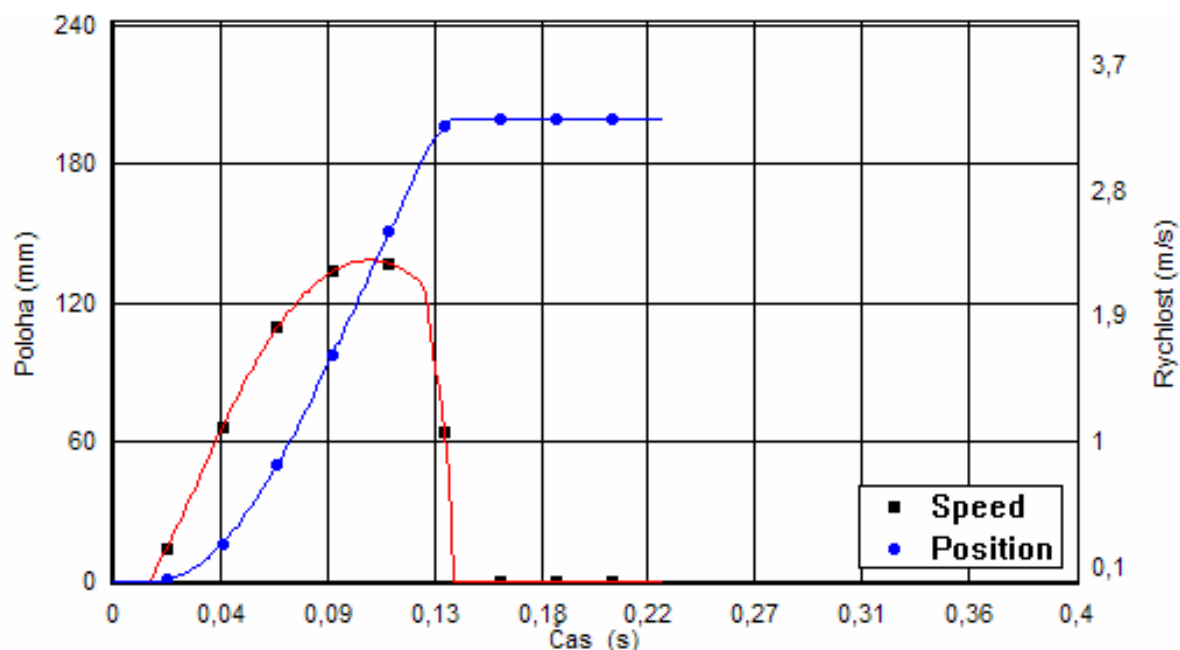
Na obr. 3-14 je zobrazena závislost tlaku na vstupu, tlaku na výstupu a zrychlení na čase.

Z grafu můžeme vyčíst, že po přivedení provozního média do prostoru válce prudce vzrůstá tlak na vstupu. Zde je vidět, jak se píst začíná pohybovat už při vzrůstu tlaku. Při dojíždění pístu do koncové polohy nastane prudké zpomalení, jenž je způsobeno integrovaným tlumením v koncových polohách a tlumičem nárazu. Nastavení průtoku zpětného škrťacího ventilu GRLA-1/8-QS-8-RS-B je na 55%. Tlumič nárazu je zde také potřeba, jelikož kinetická energie nárazu je také příliš velká.

Obr. 3-15 znázorňuje průběh rychlosti a polohy pístu v závislosti na čase.



Obr. 3-14 Závislost zrychlení, tlaku na vstupu a tlaku na výstupu na čase



Obr. 3-15 Závislost rychlosti a pozice pístu na čase

3.6 Tlumič nárazu

Při dojíždění pístu do koncové polohy při zajištění, kdy je kinetická energie nárazu větší než jakou dokáže zachytit tlumení v koncových polohách, je nutné použít tlumič nárazu, který optimálně pohltí kinetickou energii. Byl zvolen tlumič s označením **YSRW – 10 – 17**. Jedná se o hydraulický tlumič nárazu, s vestavěnou vratnou pružinou, která vrací tlumič zpět do výchozí polohy. Využití kinetické energie by mělo být nejméně 25%, ideální využití by mělo ležet mezi 50 – 80%. U tohoto tlumiče je energetické využití 75%.

Technické parametry tlumiče YSRW 10-17:

▪ Průměr pístu	10mm
▪ Zdvih	17mm
▪ Maximální rychlost nárazu	3m.s^{-1}
▪ Délka tlumení	17mm
▪ Maximální zastavovací síla	700N
▪ Maximální energie tlumení na zdvih	8J
▪ Maximální spotřeba energie za hodinu	30000J
▪ Minimální zasouvací síla	18N
▪ Doba návratu	<0,2s

Tyto tlumiče umožňují pomaleji rostoucí průběh tlumicí síly při delším zdvihu. Tak jsou výrazně omezeny kmity manipulačních systémů.[15]



Obr. 3-16 Tlumič nárazu

3.7 Energetický řetěz pro svislý zdvih

K chapadlu PGN Plus 50-1 je nutno přivést pneumatické hadice, které zajistí přívod vzduchu do chapadla, a elektrické kabely k senzorům. Pro zajištění správného vedení pneumatických hadic a elektrických kabelů při pohybu chapadla je navržen energetický řetěz **Z.08.16.028.0** od firmy Igus, do kterého budou kabely a hadice vloženy. Řetěz byl vybrán z důvodu jednoduchého vkládání kabelů a vhodných rozměrů.

Technické parametry řetězu

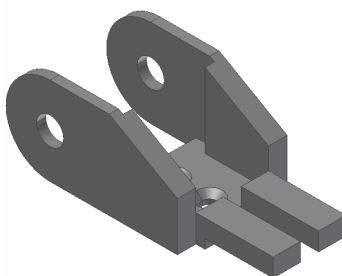
▪ Vnitřní výška	14,6mm
▪ Vnější výška	19,3mm
▪ Vnitřní šířka	16mm
▪ Vnější šířka	24,2mm
▪ Poloměr ohybu	28mm
▪ Maximální hmotnost náplně	0,45kg/m
▪ Maximální samonosná délka	1m
▪ Počet článků	22

Jelikož je řetěz umístěn v téměř svislé poloze, není nutné se zde zabývat samonosnou délkou řetězu.

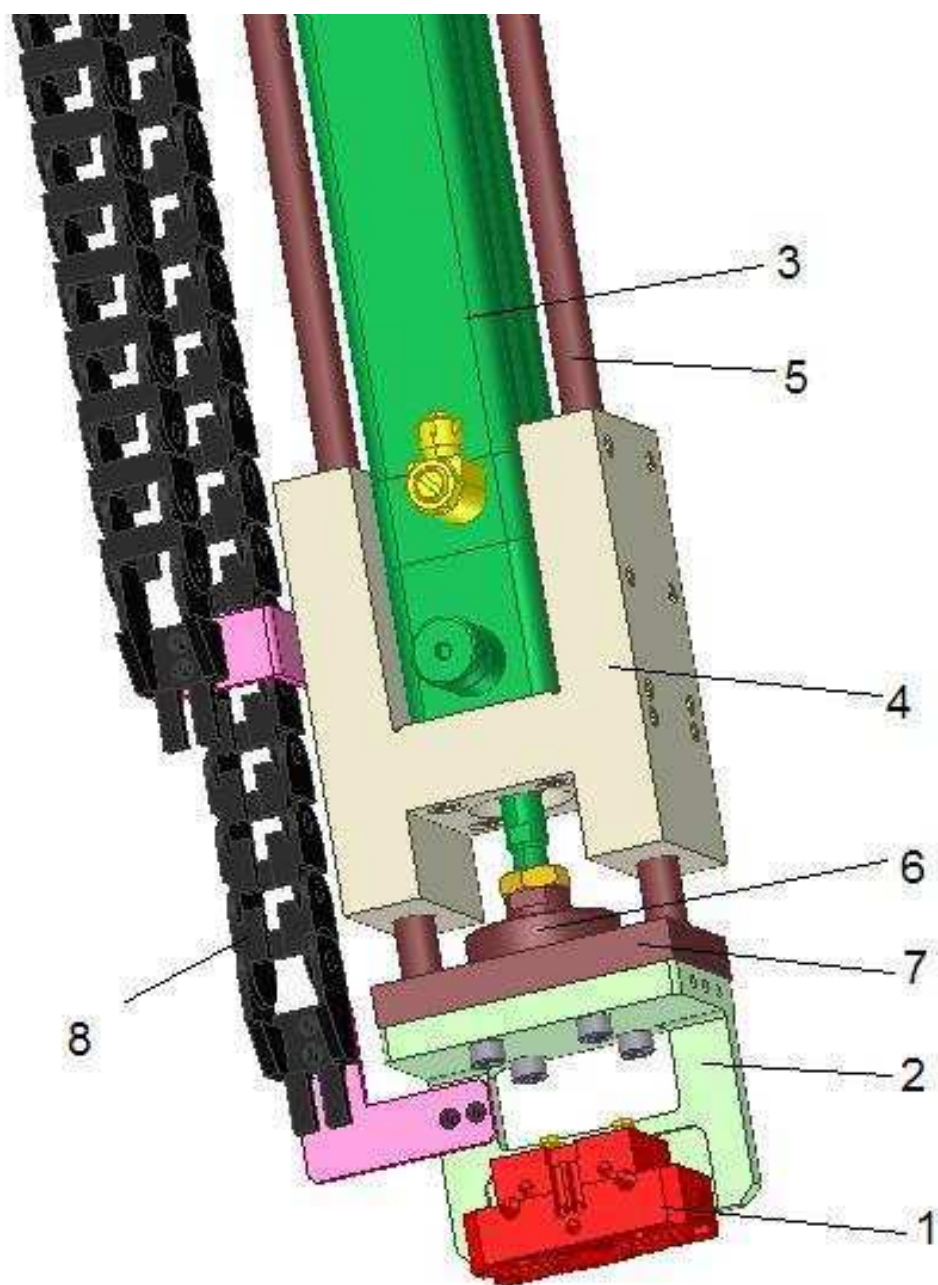
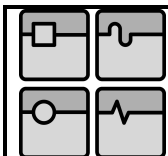


Obr. 3-17 Energetický řetěz – vysunutá a zasunutá poloha

Dále bude energetický řetěz vybaven koncovkou s upínacím hřebenem **080.16.12 PZ**. Upínací hřebeny slouží pouze k pevnému uchycení kabelů, popřípadě hadic na obou koncích energetického řetězu. Uchycení kabelu k hřebenu se provádí pomocí běžných elektrikářských plastových upínek, tzv. "kabelbinderů". Je to z důvodu zamezení pohybu kabelů a hadic uvnitř řetězů (deformace, vzájemné otěry kabelů...). Dále řetěz může být vybaven dělicími přepážkami. Jelikož součet průměrů kabelů v řetězu je větší než 1,2 násobek vnitřní výšky řetězů, nemusí být v tomto případě použity (použité kabely 2xØ6 a 2xØ4).



Obr. 3-18 Upínací koncovka s hřebenem



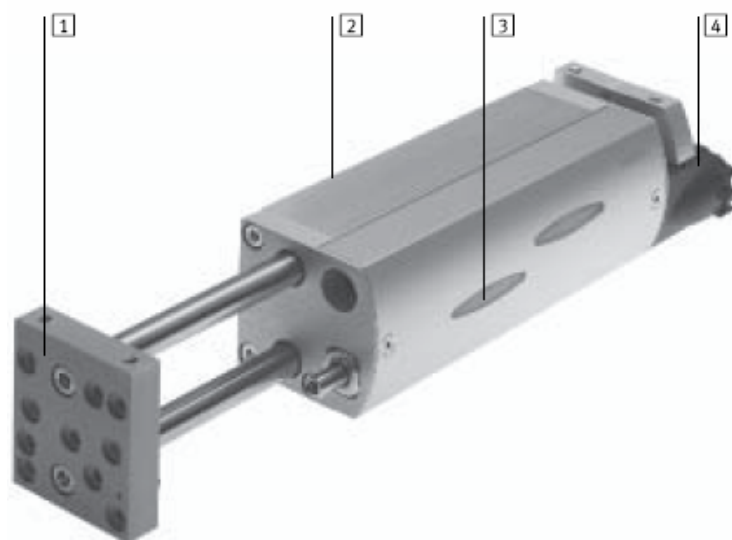
Obr. 3-19 Svislá jednotka

1 – Chapadlo, 2 – Spojovací člen, 3 – Pneumatický válec, 4 – Vedení, 5 – Vodící tyč vedení, 6 – Spojka vedení, 7 – Deska vedení, 8 – Energetický řetěz

3.8 Další návrhy svislé jednotky

Jako jeden z dalších návrhů pro dosažení svislého zdvihu bylo použítí manipulační jednotky a to **přímočarého modulu HMPL-20-200-AI-KP-2A1**.

Jedná se o kompaktní výrobek, který představuje kombinaci pohonu, vedení a odměřování. Obsahuje čtyři nalisovaná kuličková oběžná pouzdra a dvě vodící tyče. Díky tomu je pohon velmi přesný a tuhý. V obou koncových polohách jsou použity samočinně nastavitelné, měkké tlumiče nárazu s kovovými dorazy. Dorazový prvek v sobě slučuje podstatné funkce potřebné v manipulační technice – snímání polohy, nastavení zdvihu tlumení a nastavení zdvihu pohonu. Podle velikosti koncových prvků lze obě koncové polohy jemně seřídit v rozmezí až 20 mm. V dorazových prvcích jsou drážky pro čidla. Dvěma průhledovými okénky v krytu tělesa lze sledovat LED indikující stav čidel. Uspořádání pohonu vede k dosažení maximální síly a dynamiky, především při svislém provozu.

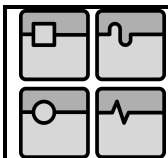


Obr. 3-20 Přímočarý modul HMPL

Na obr. 3-18 je znázorněn přímočarý modul HMPL.

Základní popis modulu

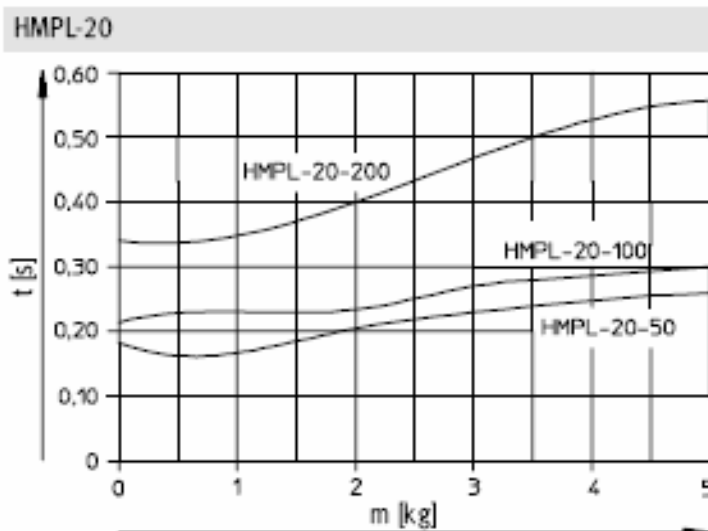
- 1 - Čelní deska - S možnostmi přesného upevnění montovaných dílů, jako je pohon, chapadlo atd.
- 2 - Základní profil - Tuhé a uzavřené těleso obsahuje vedení a válec. Díky velké rozteči mezi kuličkovými oběžnými pouzdry je jednotka velmi přesná a lze ji značně zatížit.
- 3 - Kryt tělesa - Pro ochranu vnitřních částí před znečištěním, s průhledovým okénkem.
- 4 - Kryt připojení - Kabele a hadice jsou vyvedeny společně, bezpečně a příjemně ven. S možností upevnění označovacího štítku pro snímače. [16]



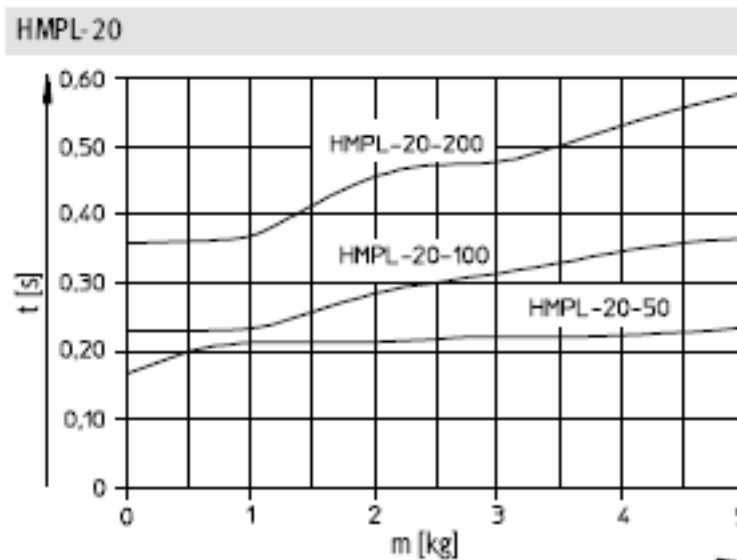
DIPLOMOVÁ PRÁCE

Na první pohled je toto ideální řešení. Avšak důležitou roli zde hrají časy potřebné k dosažení koncové polohy. V následujících grafech jsou znázorněny přípustné doby svislého pohybu t při 6 barech v závislosti na délce zdvihu a přidavné hmotnosti m .

Vyjetí



Zajetí



Skutečná hodnota tlaku bude však nižší a to 4 bary, tím by se nám o něco prodloužily doby dosažení koncových poloh. V porovnání s válcem DNC-32-320-PPV-A-KP jsou tyto časy delší. U válce DNC-32-200-PPV-A-KP se můžeme správným nastavením škrtkových ventilů dostat na hodnoty časů i pod 0,2s při vyjíždění i zajiždění. Dalším hlediskem výběru byla cena. Oproti válci DNC-32-200-PPV-A-KP je tato jednotka přibližně 3,6x dražší. Z těchto důvodů nebyla tato varianta zvolena.

Jako možnost dalšího řešení byl navrhnut válec s vedením **DFP-32-200-PPV-A**.



Obr. 3-21 Válec s vedením DFP-....-PPV-A

Jedná se o dvojčinný pohon s integrovaným vedením, který zajišťuje velkou přesnost vedení díky uložení v kuličkových oběžných pouzdrech. Obsahuje nastavitelné pneumatické tlumení na obou stranách. Jedná se vlastně o válec s integrovanou jednotkou FEN/FENG. Oproti standardním válcům s vnější vodící jednotkou nabízí velkou úsporu místa. Nevýhoda tohoto válce je, že se nedá doplnit o brzdu, jako například válce typu DNC. Jediné řešení je doplnit válec samostatnou brzdou KPE. Samotná brzda je ovšem velmi drahá a zvyšovala by nároky prostor ve svislém směru. Jen v porovnání s válcem DNC-32-320-PPV-A-KP, který brzdou obsahuje, je samotná brzda přibližně 3,2x dražší. Z těchto důvodů byla tato varianta zavrhnuta.

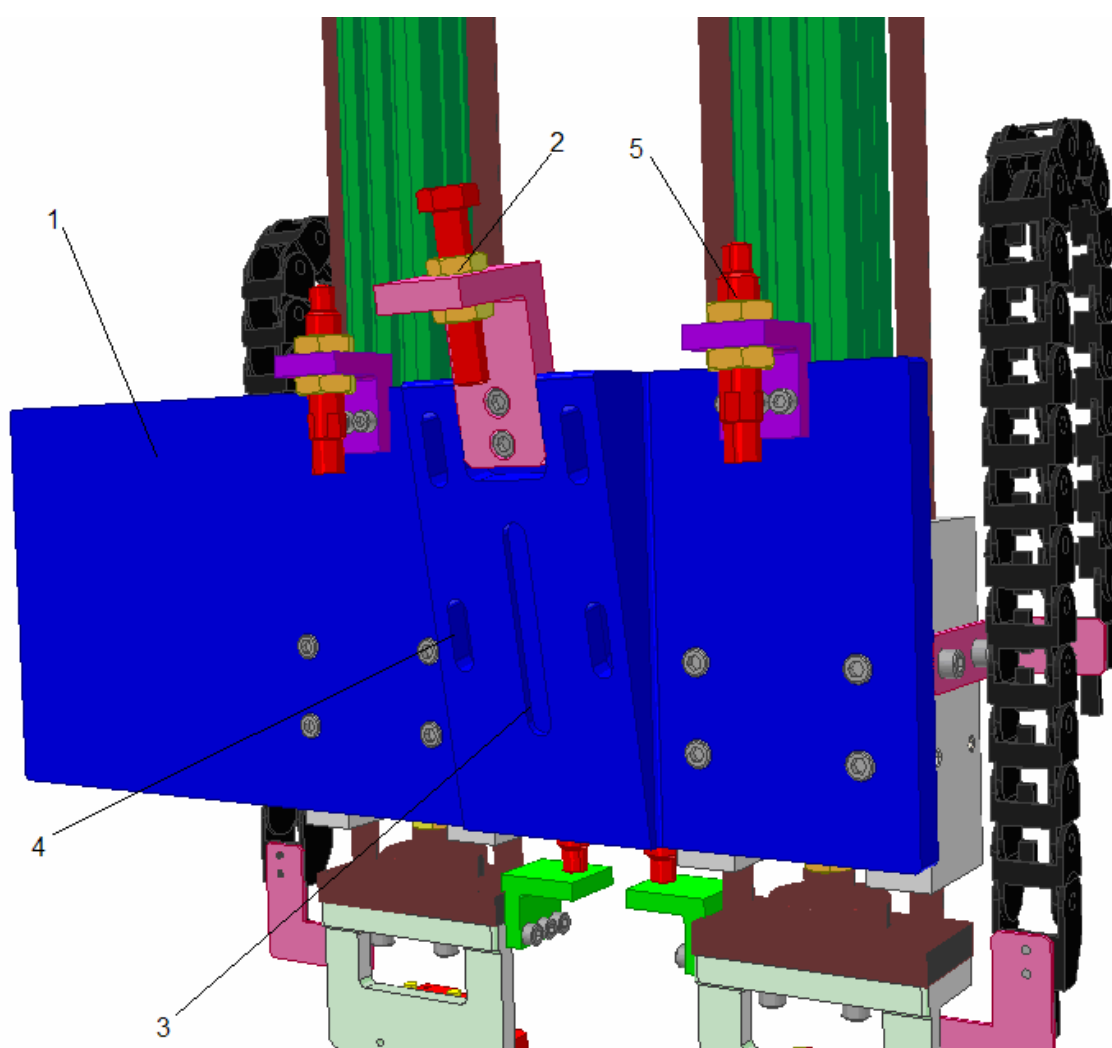


Obr. 3-22 Brzda KPE

3.9 Nosná deska

Pro spojení svislého zdvihu s vodorovnou osou byla navržena nosná deska. Nosná deska je vyrobena z hliníku z důvodu menší hmotnosti a tím zlepšení dynamických vlastností vodorovné osy. Jedna strana desky je zkosena pod úhlem 10°, aby byl zajištěn požadovaný směr pohybu. Deska bude připevněna k vodorovné ose pomocí 4 šroubů M8, které budou zašroubovány do spojovací desky připevněné na vozíku vodorovné jednotky. Pro nastavení správné polohy jednotky ve svislém směru je na nosné desce umístěn zvedák, který se opírá o spojovací desku a který má za úkol posunovat celou svislou jednotku v požadovaném. Dále jsou v desce vyfrézovány

drážky pro šrouby, které umožní posun desky. Pro zabránění přičení desky je použito pero, jenž zajistí vedení v požadovaném směru při nastavování polohy. Spojení nosné desky s vodorovnou osou je realizováno pomocí spojovací desky z důvodu přesného nastavení svislého zdvihu vůči obrobku. Vozík vodorovné osy obsahuje T - drážky, pomocí nichž se k němu připevňují komponenty. Do drážek se nasouvají matice, které se při utažení zaklíní v drážkách. Kdyby byla nosná deska připevněna k vozíku přímo, mohlo by dojít při nastavování požadované polohy zároveň k posunutí ve směru vodorovném, což je nežádoucí. Navíc by nemohl být zajištěn přesný posuv pomocí pera.



Obr. 3-23 Nosná deska pro 2 svislé jednotky, 1-nosná deska, 2-zvedák, 3-drážka pro pero, 4-Drážka pro šrouby, 5-tlumič nárazu

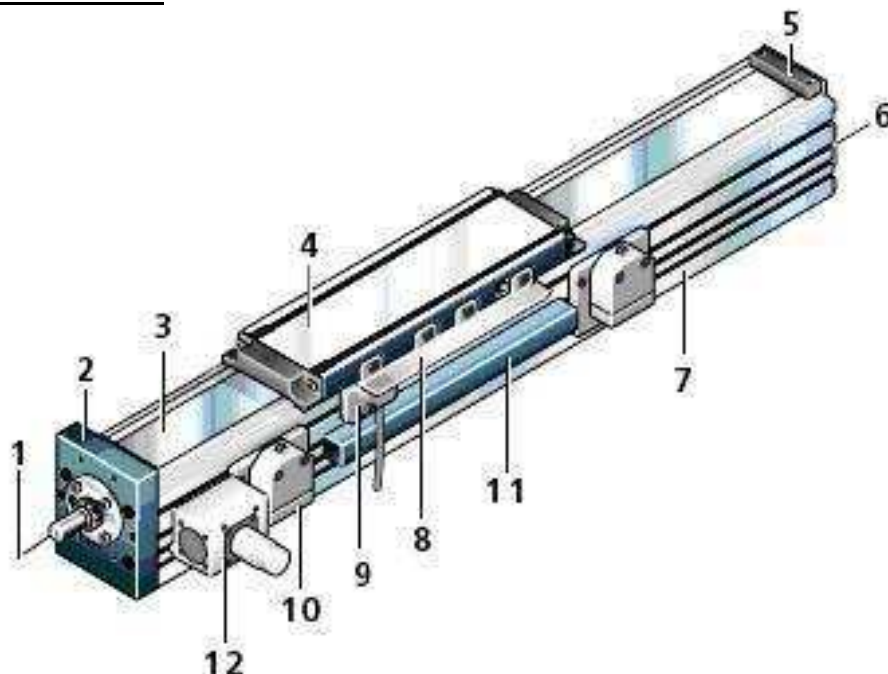
Na desce může být upevněn buď jeden svislý zdvih nebo dva. Při použití jednoho svislého zdvihu bude použita deska zkrácená.

3.10 Horizontální osa

Pro zajištění pohybu svislé jednotky ve vodorovném směru byl vybrán lineární modul, který obsahuje valivé vedení a kuličkový šroub od firmy Bosch Rexroth. Po konzultaci se zástupcem firmy byl vybrán lineární modul **MKK 25-110** a digitální AC servomotor **MKD 71B-061-KG1**.

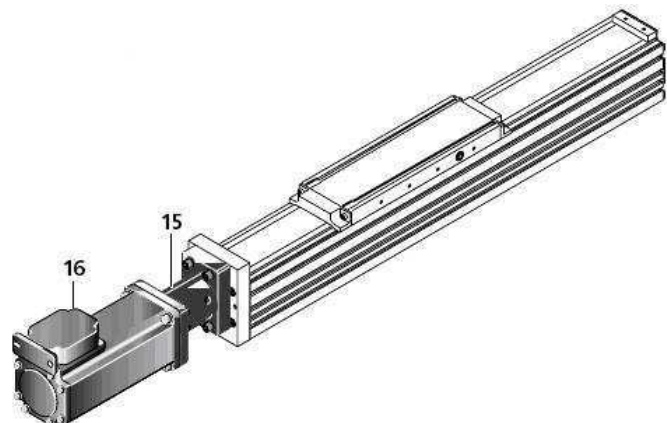
MKK 25-110 je kompaktní jednotka, která je složena z eloxovaného hliníkového profilu s integrovaným valivým vedením a kuličkovým šroubem s maticí. Dále obsahuje speciální korozivzdorný těsnicí pás, vozík s jednobodovým mazáním a připojení pro servomotor. Tato jednotka zajišťuje vysokou posuvovou sílu, přesné polohování a opakovatelnost.

Základní části modulu:



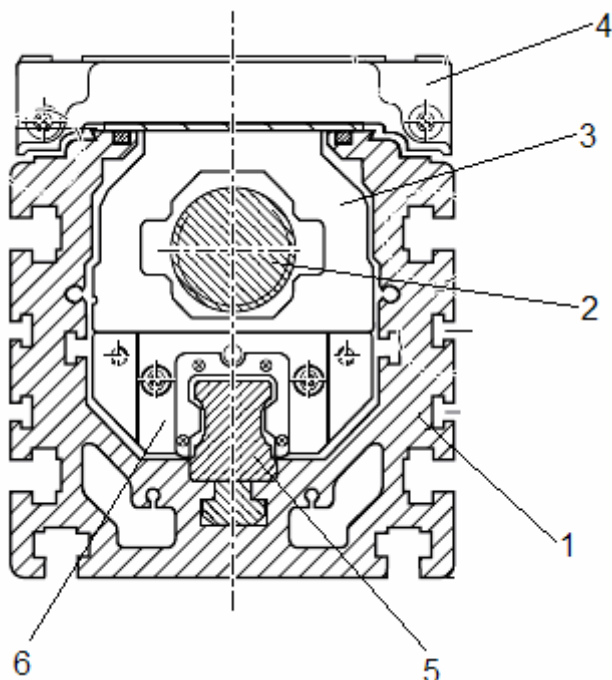
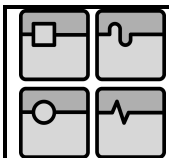
Obr. 3-24 Základní části modulu MKK

- 1- kuličkový šroub a matice
- 2- koncový blok s pevným ložiskem
- 3- těsnicí pás
- 4- vozík s blokem běžce
- 5- fixační plátek
- 6- koncová deska
- 7- hliníkový profilový rám
- Připojovací prvky:
- 8- spínací prvek
- 9- bezdotkový spínač
- 10- mechanický spínač
- 11- Kabelový průchod
- 12- Zásuvka



- 15- servomotor
- 16- příruba

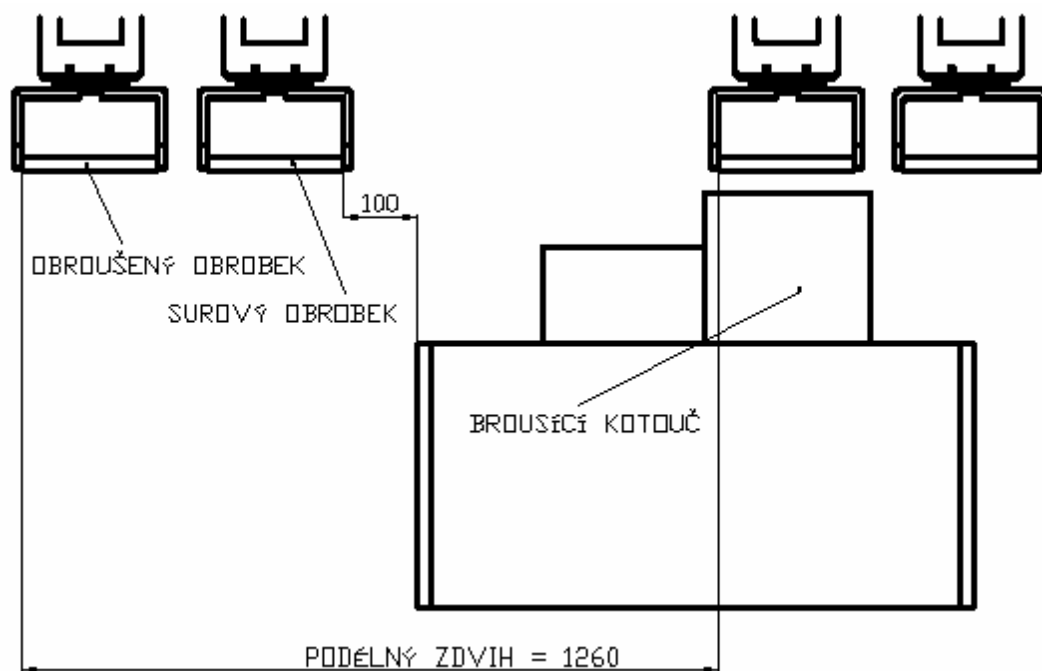
Obr. 3-25 Připojení motoru k modulu MKK

**Obr. 3-26** Řez modulem MKK 25 – 110

1-hliníkový profil, 2-kuličkový šroub, 3-matice, 4-vozik, 5-lišta vedení, 6-jezdec vedení

3.10.1 Určení délky zdvihu

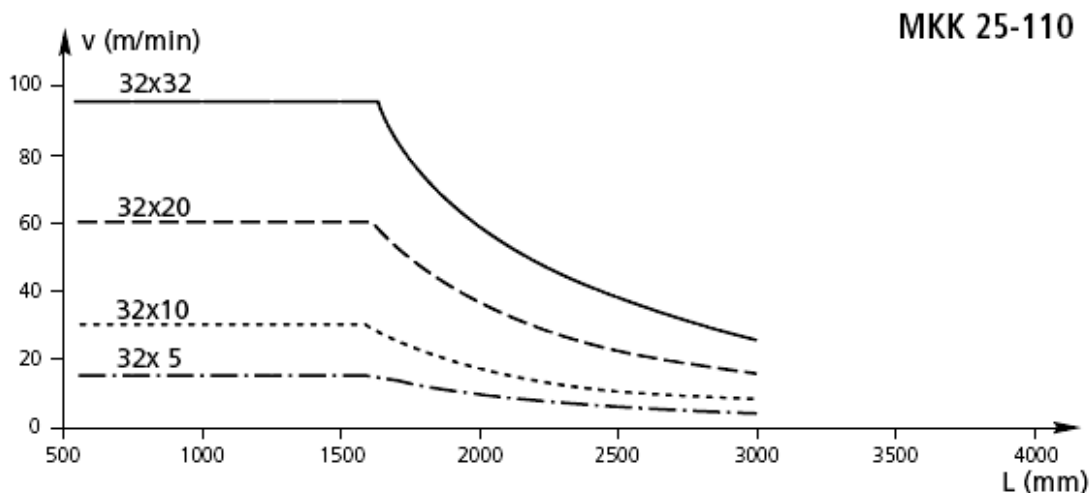
Určení požadovaného zdvihu vychází ze vzdálenosti mezi obrobkem, který je založen v brusce, a obrobkem, který je na dopravníku. Vzdálenost dopravníku resp. surového obrobku od brusky bude 100mm. Při této vzdálenosti vychází podélný zdvih 1260mm. Na obr. 3-27 je znázorněna popsaná situace.

**Obr. 3-27** Určení délky zdvihu

3.10.2 Návrh délky modulu

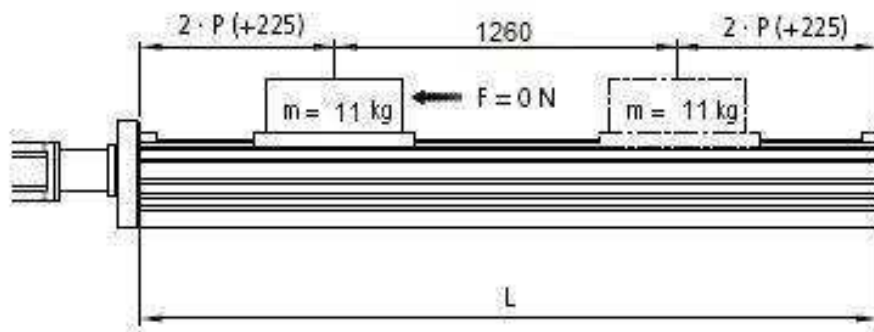
Délka modulu je navržena pro podélný zdvih 1260mm.

Jelikož požaduji co nejkratší čas výměny volím kuličkový šroub, který umožní dosažení největší rychlosti. Podle grafu maximální přípustné rychlosti v závislosti na délce modulu (obr. 3-28) volím modul s kuličkovým šroubem 32x32 (Ø x stoupání).



Obr. 3-28 Závislost rychlosti na délce modulu

Délka modulu



Obr. 3-29 Návrh délky modulu

$$L = Z + 2 \cdot E_T + 450$$

$$E_T = 2 \cdot P = 2 \cdot 32 = 64 \text{ mm}$$

$$L = 1260 + 2 \cdot 64 + 450 = 1838 \text{ mm}$$

Kde:

L – délka lineárního modulu

Z – požadovaný zdvih

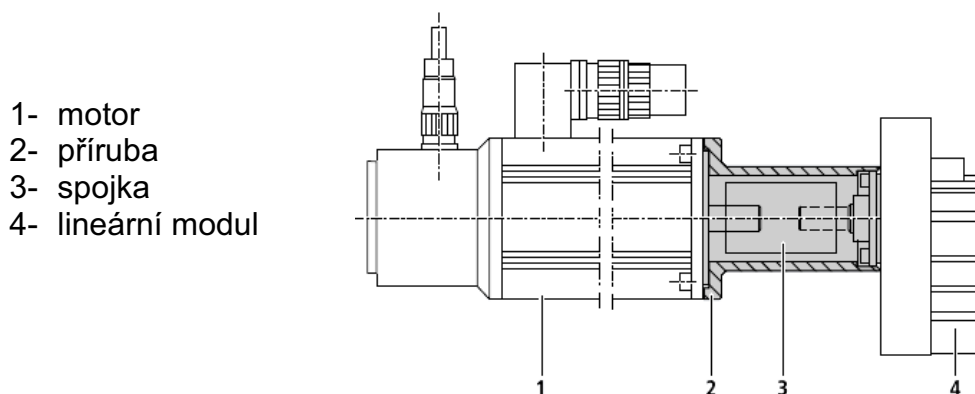
E_T – přeběh

P – stoupání šroubu[15]

Volím délku modulu **1850mm**.

Připojení servomotoru

Připojení servomotoru k jednotce je uskutečněno pomocí příruby a spojky. Příruba zajišťuje připojení motoru k lineárnímu modulu. Spojka, která je uvnitř příruby, přenáší hnací moment z hřídele motoru na kuličkový šroub.



Obr. 3-30 Připojení servomotoru

Výhody použitého servomotoru

- Vysoká pracovní spolehlivost
- Bezúdržbový provoz
- Ochrana proti přetížení
- Vysoká dynamika
- Velká přetížitelnost
- Velký krouticí moment v širokém rozsahu otáček
- Různé možnosti připevnění
- Jednoduché připojení kabelů
- Jednoduché a rychlé uvedení do provozu

Parametry motoru MKD 71B-061-KG1

- | | |
|------------------------------|------------------------------------|
| ▪ Jmenovitý moment | 8 Nm |
| ▪ Maximální moment | 11,3Nm |
| ▪ Moment setrvačnosti rotoru | $870 \cdot 10^{-6} \text{ kg.m}^2$ |
| ▪ Moment setrvačnosti brzdy | $72 \cdot 10^{-6} \text{ kg.m}^2$ |
| ▪ Maximální otáčky motoru | 4600 m.min^{-1} |
| ▪ Hmotnost motoru | 8,8 kg |

3.10.3 Kontrolní výpočet vybraného motoru

Pro použití motoru k manipulačním účelům musí být splněna podmínka:

$$J_M > \frac{J_{fr}}{6}$$

Kde:

J_M – moment setrvačnosti motoru

J_{fr} –moment setrvačnosti cizích hmot redukováný na osu motoru

Moment setrvačnosti modulu s cizí hmotou redukováný na osu motoru

$$J_S = (k_1 + k_2 \cdot L + k_3 \cdot m_{fr}) \cdot 10^{-6}$$

$$J_S = (181,778 + 0,6668 \cdot 1850 + 25,938 \cdot 12,3) \cdot 10^{-6}$$

$$J_S = 1775,896 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Kde:

m_{fr} – externí zatížení lineárního modulu (hmotnost svislé jednotky – 2 zdvihy),

$m_{fr}=13,9\text{kg}$

k_1, k_2, k_3 – konstanty

L – délka modulu

Moment setrvačnosti spojky

$$J_K = 200 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Moment setrvačnosti brzdy

$$J_{BR} = 38 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Moment setrvačnosti cizích hmot redukováný na osu motoru

$$J_{fr} = J_S + J_K + J_{BR} = 1775,896 \cdot 10^{-6} + 200 \cdot 10^{-6} + 38 \cdot 10^{-6}$$

$$J_{fr} = 2013,896 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Podmínka manipulace:

$$J_M > \frac{J_{fr}}{6} = \frac{2013,896 \cdot 10^{-6}}{6} = 335,65 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$$J_M = 870 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

$870 \cdot 10^{-6} > 335,65 \cdot 10^{-6} \rightarrow$ podmínka je splněna \rightarrow motor může být použit [17,18]

3.11 Energetický řetěz pro podélný zdvih

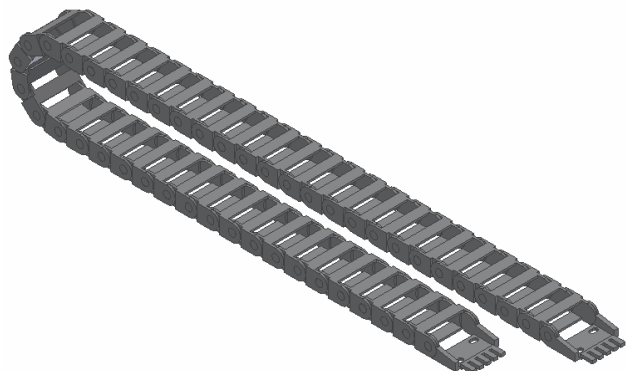
Pro podélný zdvih byl navržen řetěz **10.050.48.0** od firmy Igus.

Technické parametry řetězu

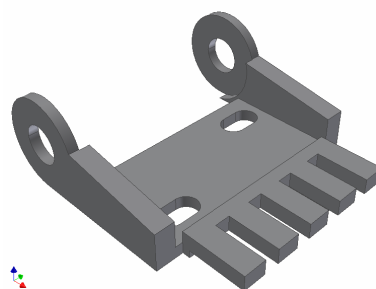
- | | |
|-----------------------------|----------|
| ▪ Vnitřní výška | 18mm |
| ▪ Vnější výška | 23mm |
| ▪ Vnitřní šířka | 50mm |
| ▪ Vnější šířka | 61mm |
| ▪ Poloměr ohybu | 48mm |
| ▪ Maximální hmotnost náplně | 0,52kg/m |
| ▪ Maximální samonosná délka | 1m |
| ▪ Počet článků | 45 |

Dále bude energetický řetěz vybaven koncovkami s upínacím hřebenem **1050.12 P** pro pevné připevnění kabelů a hadic a na každý druhý článek řetězu budou připevněny dělicí přepážky. Vnitřní dělení zvyšuje životnost celého pohyblivého přívodu.

Řetěz bude umístěn ve vodícím žlabu, což zajistí jeho přesné vedení a zabrání posunu horní větve mimo žádanou polohu.



Obr. 3-31 Energetický řetěz pro podálný zdvih



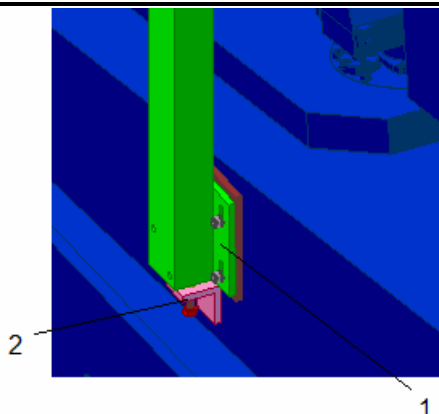
Obr. 3-32 Koncovka s hřebenem

3.12 Stojiny zakladače

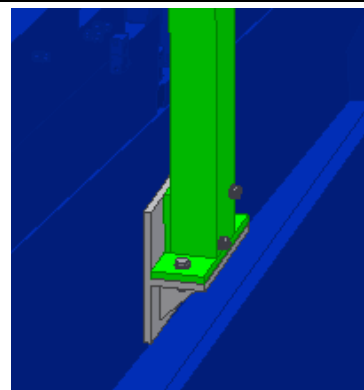
Jelikož je potřeba kvůli výměně obroušených kotoučů zachovat před a nad oběma kotouči volný prostor, byla vodorovná jednotka umístěna tak, aby při odjetí kotoučů do zadních poloh vznikl požadovaný prostor. Pro zachování svislého zdvihu 200mm byla jednotka otočena o 90°. K takto umístěné jednotce pak byli navrženy stojiny, na nichž je jednotka upevněna.

Ustavení celé jednotky do prostoru brusky je řešeno pomocí dvou stojin. Stojiny jsou vyrobeny z bezešvé ocelové trubky 80 x 60 x 6 mm, materiál 11373 a délka obou stojin je 950 mm. Stojina, která je umístěna u převislého konce modulu, je pevná, ke druhé stojině je přidán zvedák pro seřízení vodorovné polohy modulu. Na konci nastavitelné stojiny je přivařen plech z materiálu 11373 tloušťky 8mm, ve kterém jsou vyrobeny podélné drážky pro umožnění posunu stojiny ve vertikálním směru. Tato stojina bude připevněna k návarku na boku brusky (obr. 3-33). K pevné stojině jsou přivařeny dva plechy - jeden ze spodu a druhý z vnitřní strany. Pravá stojina bude taktéž připevněna k návarku na brusce, jak je znázorněno na obr. 3-34.

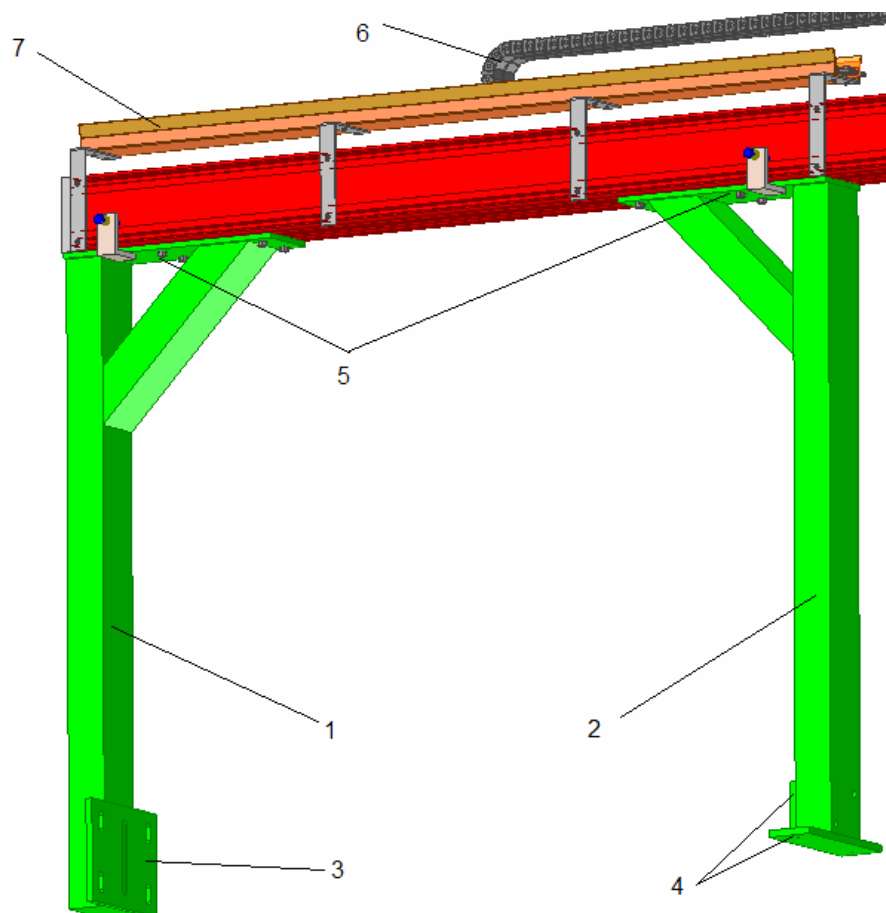
Pro správné ustavení zakladače v příčném směru jsou v pleších, na kterých je modul připevněn, vytvořeny taktéž podélné drážky, které umožní posun v tomto směru.



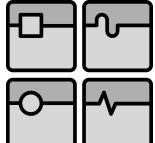
Obr. 3-33 Upevnění nastavitelné stojiny
1- plech s drážkami, 2- zvedák



Obr. 3-34 Upevnění pevné stojiny



Obr. 3-35 Stojiny zakladače
1-stojina nastavitelná, 2- stojina pevná, 3-plech s drážkami, 4- plechy pevné stojiny, 5- plechy horní s drážkami , 6-energetický řetěz, 7-vodící žlab

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 52
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

4 MONTÁŽNÍ POSTUP

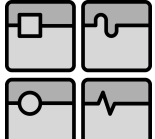
V této kapitole bude popsán montážní postup zakladače. Bude popsán velmi zjednodušeně, neboť detailní postup není nutný.

Nejprve se připevní pneumatický válec k tělesu vedení pomocí 4 šroubů M6. Poté se upevní chapadlo a držák řetězu na spojovací člen, který se následně připevní k desce vedení. Nyní se k spojovacímu členu přidělá ještě doraz tlumiče nárazu. Následuje přišroubování pístnice do spojky vedení a připevnění držáku energetického řetězu k tělesu vedení a následně energetický řetěz. Tím by byl sestaven svislý zdvih.

Dále se k nosné desce připevní tlumiče nárazu a zvedák jednotky. Poté je možno připevnit svislý zdvih k nosné desce pomocí 4 šroubů M6. Následně se na desku upevní připojovací deska, na kterou se připojí rozváděče.

Dalším krokem je připojení spojovací desky k vozíku lineárního modulu a připojení nosné desky k desce spojovací.

V této fázi následuje připevnění stojin k návarkům na brusce a ustavení pohyblivé stojiny do požadované polohy pomocí zvedáku. Následuje připevnění celého zakladače na stojiny pomocí šroubů a matic, které se zasunou do T-drážek v modulu. Dále se upevní jednotka pro úpravu vzduchu na pevnou stojinu. Nyní následuje připojení hadic a kabelů, které jsou vedeny v energetických řetězech. Tímto je zakladač sestaven.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 53
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

5 POPIS FUNKCE ZAKLADAČE

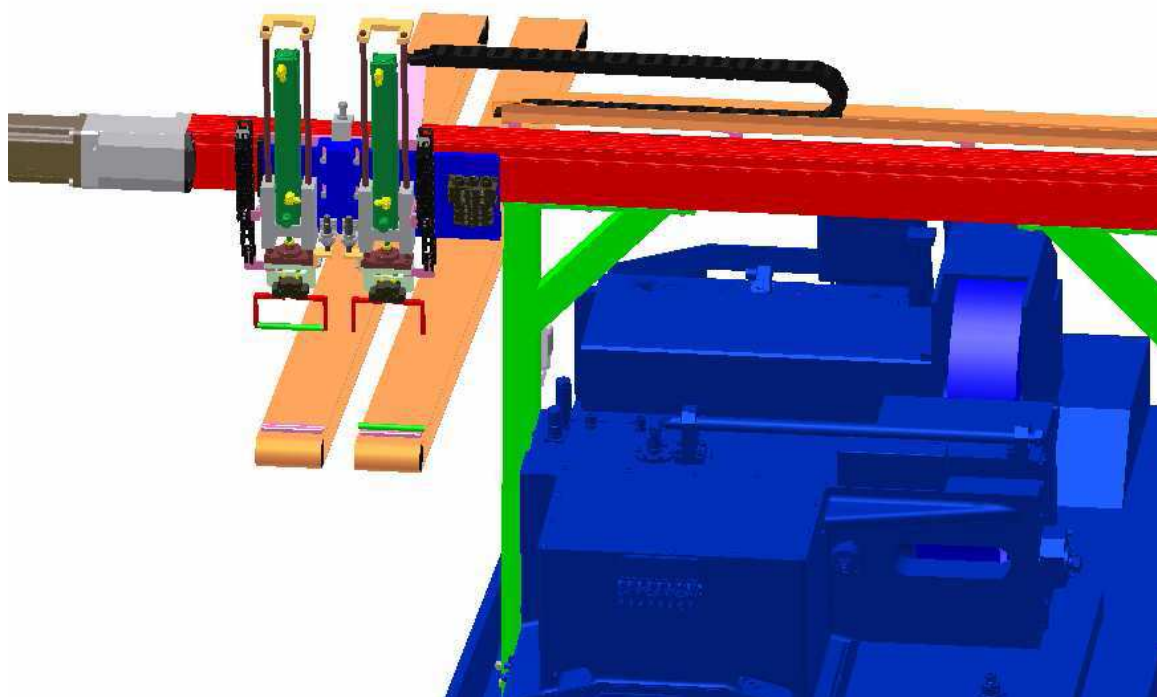
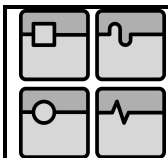
Jak vyplívá ze zadání, může být zakladač vybaven jednou nebo dvěma svislými jednotkami připevněnými k nosné desce. Při použití jedné jednotky zakladač pouze odebírá obrobky z dopravníku a vkládá do brusného prostoru. Vyjmutí obrobku z brusky je provedeno odskokem podávacího vřeteníku, kdy obrobek propadne mezi opěrným pravítkem a podávacím kotoučem ven z prostoru brusky. V následujícím bude popsána funkce při použití zakladače s dvěma svislými jednotkami. Funkce zakladače při použití jedné jednotky lze snadno odvodit.

Bude se předpokládat, že zakladač je správně ustaven vůči brusce a obrobky jsou připraveny na dopravníku např. v prizmatickém uložení. Nosná deska je v pozici nad dopravníkem a obě svislé jednotky jsou v zasunuté, tedy v horní poloze (**obr. 5-1**).

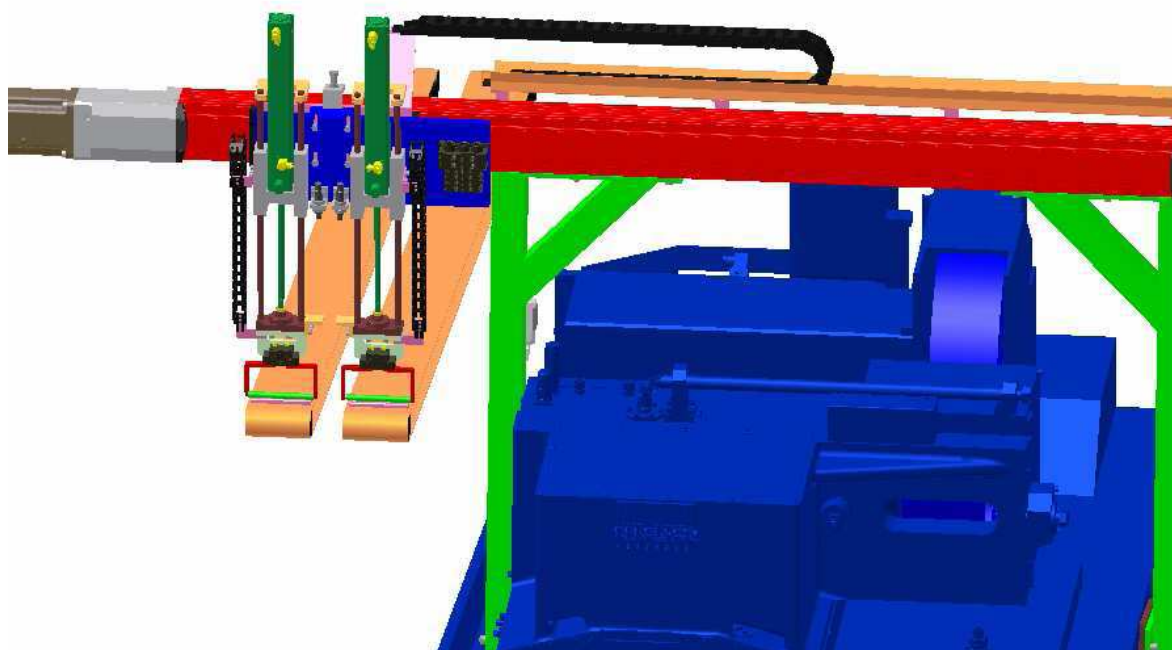
Jestliže se jedná o první odebrání obrobku z brusky, potom se vysune pouze pravý válec do spodní polohy a chapadlo uchopí surový obrobek uzavřením čelistí. Levé chapadlo se pouze otevře. Jestliže ale zakladač už jeden obrobek z brusky odebral a nový tam vložil, potom sjedou oba válce do spodní polohy. Následně dojde současně k otevření levého chapadla – odložení obroušeného obrobku na dopravník a uzavření pravého chapadla – uchopení surového obrobku. Popsaná situace je znázorněna na **obr. 5-2**.

Bude se předpokládat druhá situace, kdy jeden obrobek je vložen do brusky a druhý je uchopen v levém chapadlu. Po odložení obroušeného obrobku na dopravník a uchopení surového obrobku se obě jednotky současně vysunou do horní pozice a následně se přesunou do první polohy, kde bude levá jednotka nad opěrným pravítkem (**obr. 5-3**). V této chvíli zakladač čeká, než se dokončí broušení. Poté se vysune levý válec. Ihned po vysunutí se uzavře chapadlo, čímž uchopí obrobek. Po uchopení obrobku se válec vysune a dojde k přesunu do druhé polohy, tedy přesunu pravé jednotky nad opěrné pravítko. Pravý válec se vysune do spodní polohy. Chapadlo se otevře, čímž vloží obrobek mezi opěrné pravítko a podávací kotouč (**obr. 5-4**). Po otevření chapadla vyjíždí válec zpět nahoru a celá svislá jednotka se přesouvá nad dopravník. Tento cyklus se opakuje až do obroušení všech obrobků.

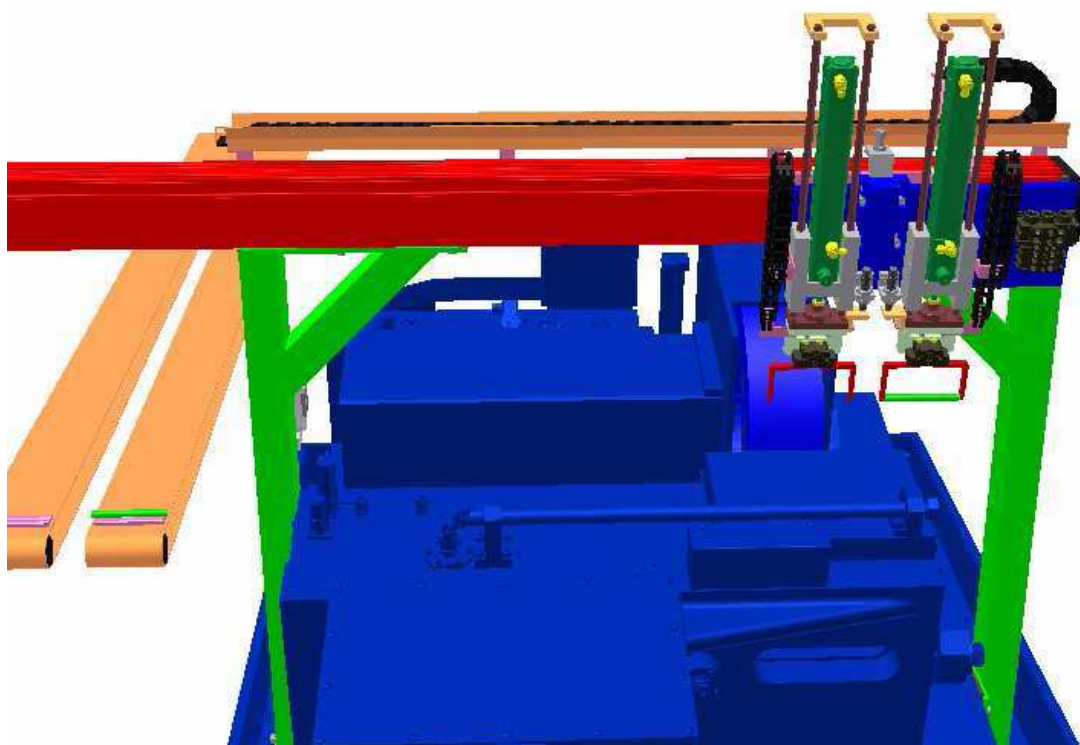
První cyklus – vlastní výměna obroku – tedy sjetí levé jednotky – uchopení obrobku – vyjetí do horní polohy – přesun pravé jednotky nad opěrné pravítko – sjetí pravé jednotky – vložení obrobku – vysunutí pravé jednotky, by měl proběhnout do 3s, jak je požadováno v zadání. Druhý cyklus, tedy navrácení jednotky nad dopravník - sjetí obou jednotek – odložení a uchopení obrobku – vyjetí jednotek – přesun levé jednotky nad opěrné pravítko by mělo proběhnout mezi 6 - 10s. Výpočet časů cyklů bude proveden v kapitole č. 7.



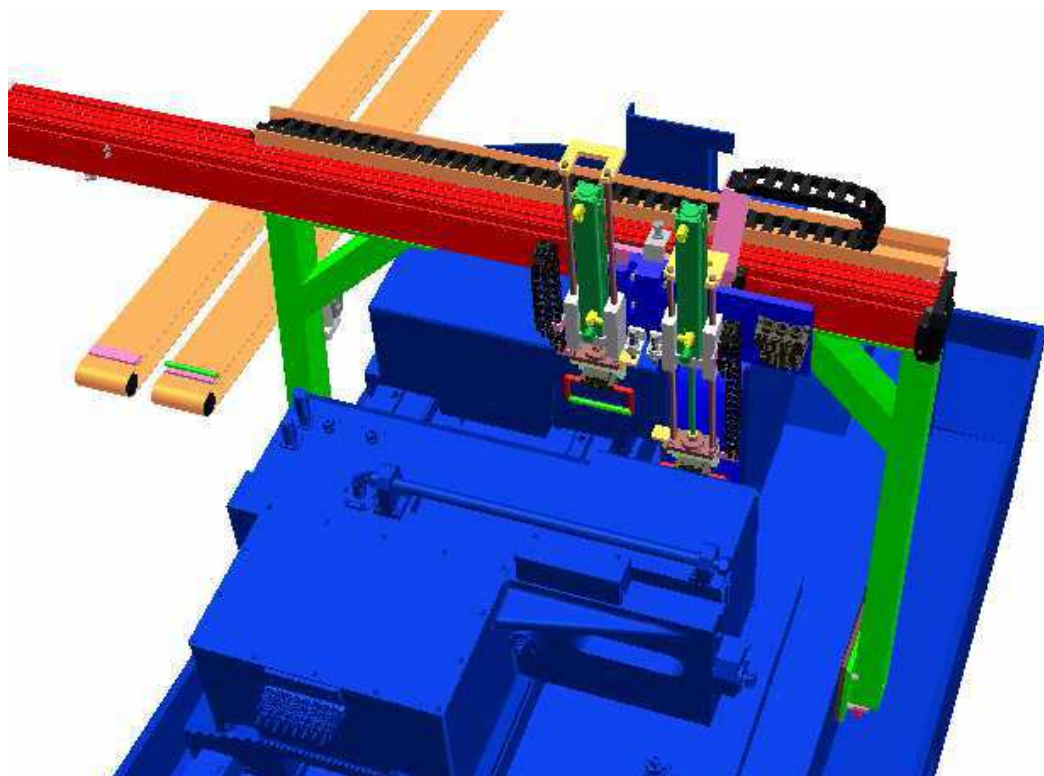
Obr. 5-1 Výchozí poloha zakladače



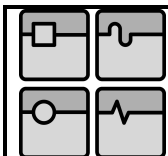
Obr. 5-2 Výměna obrobků



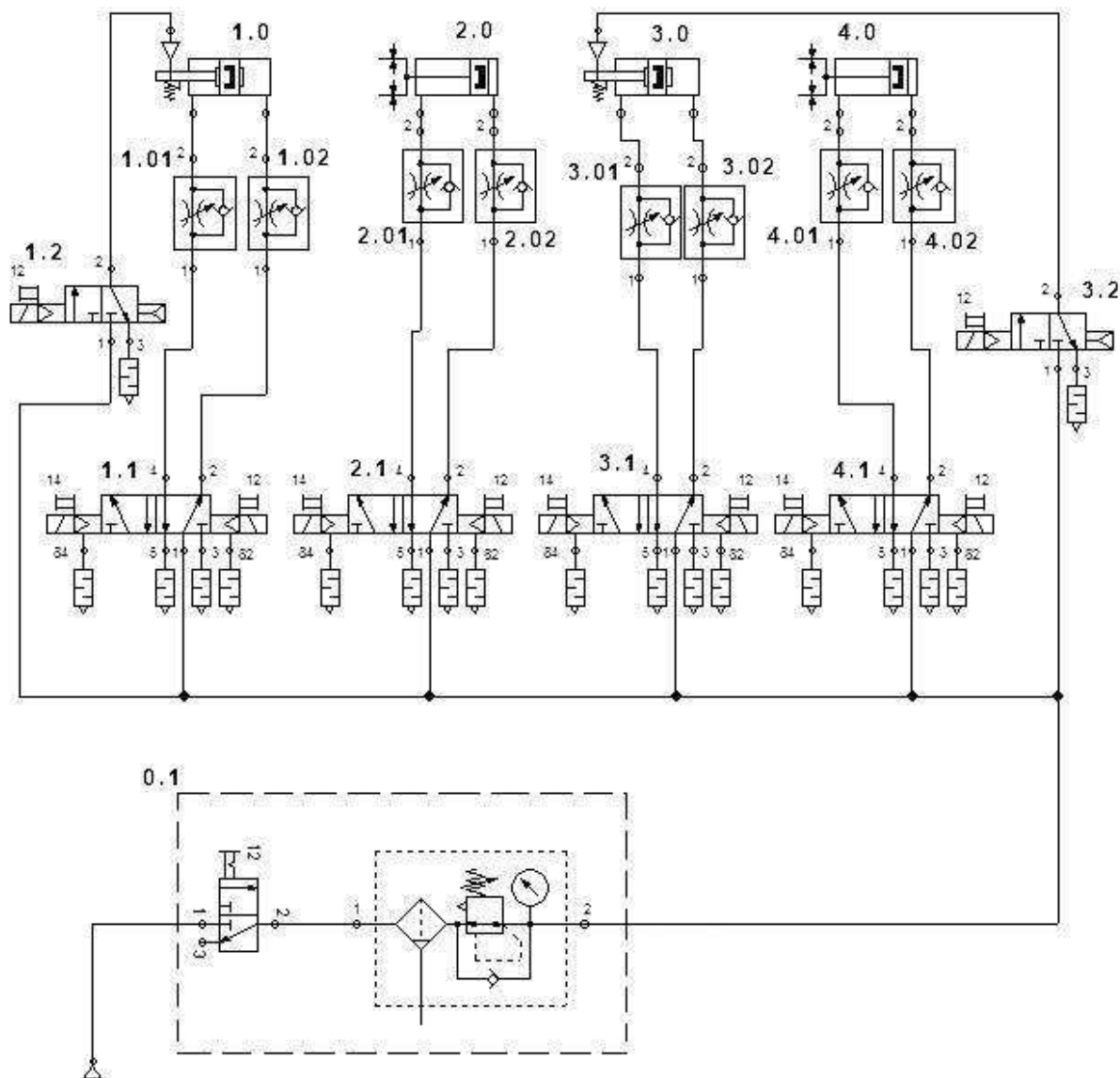
Obr. 5-3 Levá jednotka nad opěrným pravítkem



Obr. 5-4 Vložení surového obrobku



6 PNEUMATICKÝ OBVOD



Obr. 6-1 Pneumatický obvod zakladače

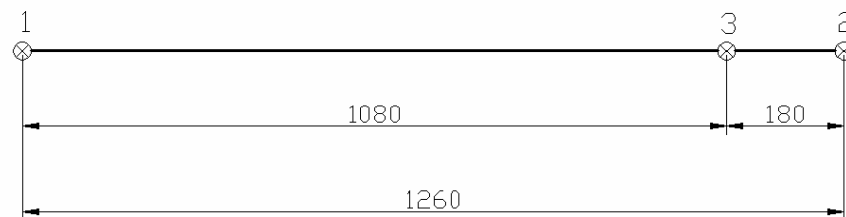
Použité prvky:

- 0.1 – Jednotka pro úpravu vzduchu MSB4
- 1.0, 3.0 – pneumatický válec DNC-32-200PPV-A-KP
- 2.0, 4.0 – pneumatické chapadlo PGN Plus 50-1
- 1.1, 3.1 – elektromagnetický ventil 5/2 CPE14-M1BH-5J-QS-8
- 2.1, 4.1 – elektromagnetický ventil 5/2 CPE10-M1BH-5J-QS-6
- 1.2, 3.2 – elektromagnetický ventil 3/2 CPE10-M1BH-3GL-QS-6
- 1.01, 1.02, 3.01, 3.02 – škrťací ventil GRLA-1/8-QS-8-RS-B
- 2.01, 2.02, 4.01, 4.02 – škrťací ventil DSV-M3-4

7 ČAS VÝMĚNY OBROBKU

7.1 Časy přesunů svislé jednotky – vodorovný směr

Nejprve zde budou spočítány časy přesunu svislé jednotky ve vodorovném směru do požadovaných poloh. Vzdálenosti jednotlivých přesunů jsou na obr. 7-1.



Obr. 7-1 Polohy přesunu

Maximální rychlost svislé jednotky

$$v_{\max} = \frac{n_{\max} \cdot P}{i \cdot 1000} = \frac{4600 \cdot 32}{1 \cdot 1000} = 147,2 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$v < v_{\text{perm}}$$

Kde:

n_{\max} – maximální otáčky motoru [min^{-1}]

P – stoupání kuličkového šroubu [mm]

i – převodový poměr [-]

v – rychlost posuvu svislé jednotky [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$]

v_{perm} – maximální přípustná rychlost posuvu modulu

Volím rychlost posuvu svislé jednotky $v = 65 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1} < v_{\text{perm}}$

Maximální přípustná rychlost pro MKK 25-110 délky 1850mm je $v_{\text{perm}} = 68 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ (obr. 3-28)

Rozběhový moment

$$M_a = 0,8 \cdot M_{M \max} - M_{fr} = 0,8 \cdot 11,3 - 1,2 = 7,84 \text{ Nm}$$

$$M_{M \max} < M_{\text{perm}}$$

$$7,84 < 42 \text{ Nm}$$

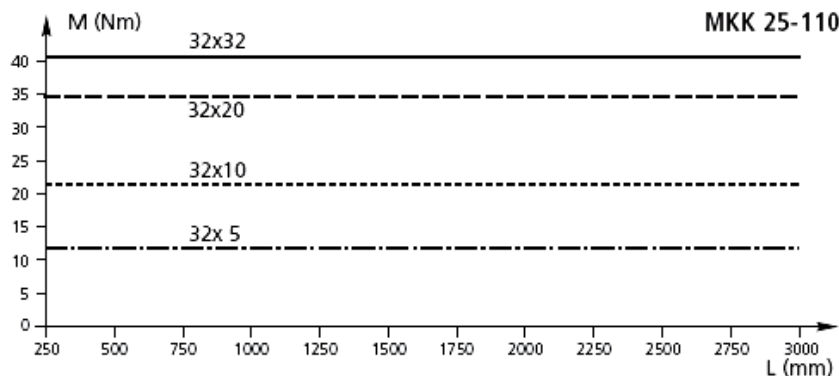
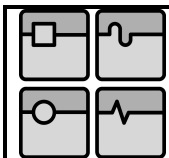
Kde:

$M_{M \max}$ – maximální moment motoru [Nm]

M_{perm} – maximální přípustný moment modulu [Nm], $M_{\text{perm}} = 42 \text{ Nm}$ (obr. 7-2)

M_{fr} – třecí moment na hřídeli motoru [Nm]

$$M_{fr} = 1,2 \text{ Nm}$$



Obr. 7-2 Maximální přípustný moment modulu

Celkový moment setrvačnosti

$$J_{Tot} = J_{fr} = J_S + J_K + J_{BR} + J_M = J_{fr} + J_M = 2013,896 \cdot 10^{-6} + 870 \cdot 10^{-6}$$

$$J_{Tot} = 2883,896 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

Otáčky motoru

$$n = \frac{i \cdot v}{P} \cdot 1000 = \frac{1 \cdot 65}{32} \cdot 1000 = 2031,25 \text{ min}^{-1}$$

Čas rozběhu

$$t_a = J_{Tot} \cdot \left(\frac{n \cdot 0,10472}{M_a} \right) = 2883,896 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{2031,25 \cdot 0,10472}{7,84} = 0,078 \text{ s}$$

Zrychlení

$$a = \frac{v}{t_a \cdot 60} = \frac{65}{0,078 \cdot 60} = 13,8889 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Dráha rozběhu

$$s_a = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t_a^2 = \frac{1}{2} \cdot 13,8889 \cdot 0,078^2 = 0,0425 \text{ m} = 42,5 \text{ mm}$$

1. Úsek 1-2Dráha při konstantní rychlosti mezi body 1 a 2

$$s_{cl} = s_1 - 2 \cdot s_a = 1260 - 2 \cdot 42,5 = 1175 \text{ mm}$$

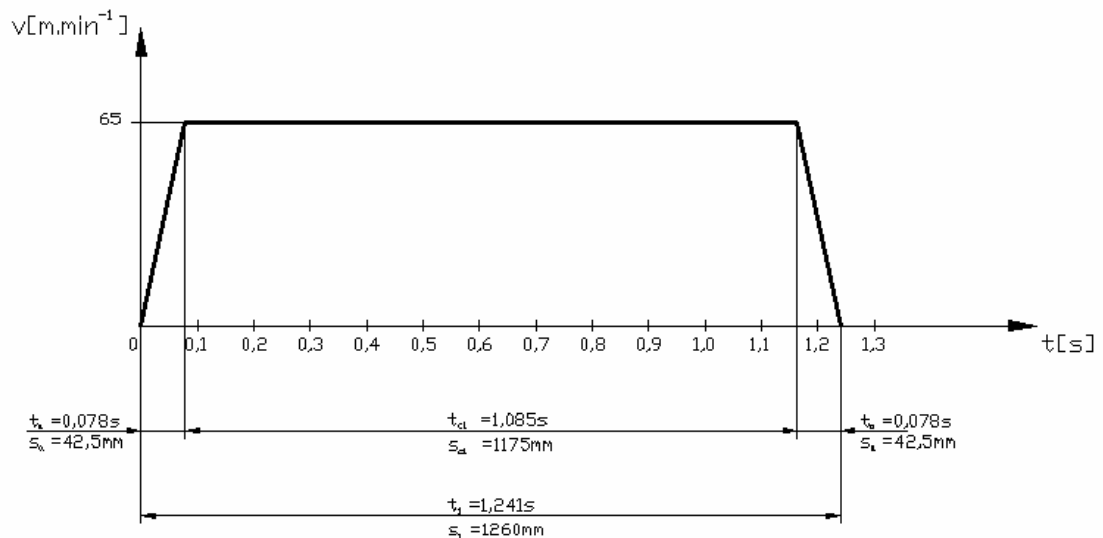
Kde:

 s_1 – vzdálenost mezi body 1 a 2Čas pohybu při konstantní rychlosti mezi body 1 a 2

$$t_{cl} = \frac{s_{cl}}{v} = \frac{1,175}{65} \cdot 60 = 1,085 \text{ s}$$

Celkový čas mezi body 1 a 2

$$t_1 = 2 \cdot t_a + t_{cl} = 2 \cdot 0,078 + 1,085 = 1,241 \text{ s}$$



Obr. 7-3 Grafické znázornění průběhu rychlosti mezi body 1 a 2

2. Úsek 2-3

Čas rozběhu a doběhu je stejný jako v předchozím případě.

Dráha při konstantní rychlosti

$$s_{c2} = s_2 - 2 \cdot s_a = 180 - 2 \cdot 42,5 = 95 \text{ mm}$$

Kde:

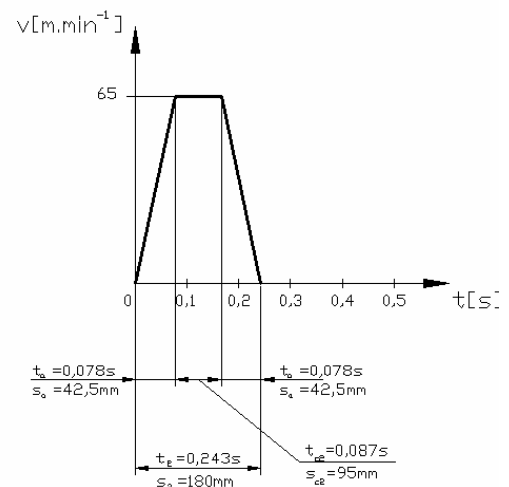
s_2 – vzdálenost mezi body 2 a 3

Čas pohybu při konstantní rychlosti

$$t_{c2} = \frac{s_{c2}}{v} = \frac{0,095}{65} \cdot 60 = 0,087 \text{ s}$$

Celkový čas mezi body 2 a 3

$$t_2 = 2 \cdot t_a + t_{c2} = 2 \cdot 0,078 + 0,087 = 0,243 \text{ s}$$



Obr. 7-4 Grafické znázornění průběhu rychlosti mezi body 2 a 3

3. Úsek 3-1

Čas rozběhu a doběhu je stejný jako v předchozím případě.

Dráha při konstantní rychlosti

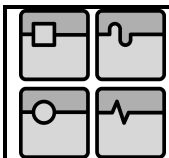
$$s_{c3} = s_3 - 2 \cdot s_a = 1080 - 2 \cdot 42,5 = 995 \text{ mm}$$

Kde:

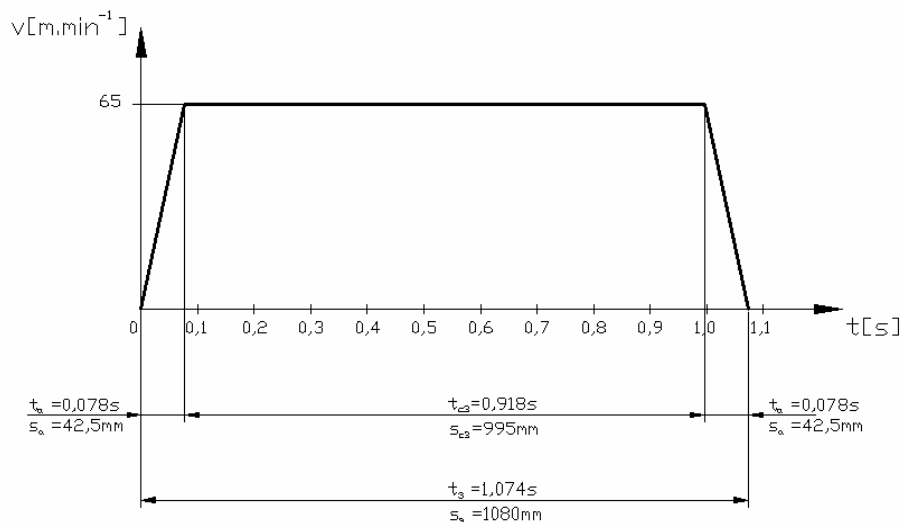
s_3 – vzdálenost mezi body 3 a 1

Čas pohybu při konstantní rychlosti

$$t_{c3} = \frac{s_{c3}}{v} = \frac{0,995}{65} \cdot 60 = 0,918 \text{ s}$$

Celkový čas mezi body 3 a 1

$$t_3 = 2 \cdot t_a + t_{c3} = 2 \cdot 0,078 + 0,918 = 1,074s$$

**Obr. 7-5** Grafické znázornění průběhu rychlosti mezi body 3 a 1

Potřebné vzorce byly převzaty z [18].

7.1.1 Časy jednotlivých výměn obrobku

Jak bylo zmíněno dříve, existují dvě varianty výměny obrobku. Jako první varianta bude řešena nosná deska s dvěma svislými jednotkami. Tato výměna se skládá ze dvou fází:

- 1) Vlastní výměna v prostoru brusky
- 2) Výměna na dopravníku

Vlastní výměna v prostoru brusky – dva pneumatické válce

Vlastní výměna obrobku v prostoru brusky se skládá z těchto procesů:

proces	čas [s]
- přesun rozváděče CPE 14	0,012
- sjetí levého válce do spodní polohy	0,14
- přesun rozváděče CPE 10	0,008
- uzavření chapadla	0,02
- přesun rozváděče CPE 14	0,014
- vyjetí levého válce do horní polohy	0,18
- přesun svislé jednotky - pravý válec nad obrobek	0,243
- přesun rozváděče CPE 14	0,014
- sjetí pravého válce do spodní polohy	0,14
- přesun rozváděče CPE 10	0,008
- otevření chapadla	0,002
- přesun rozváděče CPE 14	0,014
- vyjetí pravého válce do horní polohy	0,18

celkem**0,991s**

Výměna na dopravníku – dva pneumatické válce

Odložení obrobku na dopravník a uchopení obrobku surového

proces	čas [s]
- přesun svislé jednotky nad dopravník	1,074
- přesun rozváděčů CPE 14	0,012
- sjetí obou válců do spodní polohy	0,14
- přesun rozváděčů CPE 10	0,008
- otevření/uzavření chapadel	0,02
- přesun rozváděčů CPE 14	0,012
- vyjetí obou válců do horní polohy	0,18
- přesun svislé jednotky nad obrobek	1,241
celkem	2,687s

Druhý způsob je výměna obrobků jedním pneumatickým válce a odskokem podávacího kotouče.

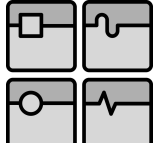
Vlastní výměna v prostoru brusky – jeden pneumatický válec

Při této výměně obrobků bude použit pouze jeden pneumatický válec a odebrání obrobku ze stroje je řešeno odskokem podávacího kotouče. Bude muset být použita zkrácená nosná deska.

proces	čas [s]
- odskok podávacího kotouče	1,2 - 1,3
- přesun rozváděče CPE 14	0,012
- sjetí válce do spodní polohy	0,14
- přesun rozváděče CPE 10	0,008
- uzavření chapadla	0,02
- přesun rozváděče CPE 14	0,014
- vyjetí levého válce do horní polohy	0,18
celkem	1,572s

Výměna na dopravníku – jeden pneumatický válec

proces	čas [s]
- přesun svislé jednotky nad dopravník	1,211
- přesun rozváděče CPE 14	0,012
- sjetí válce do spodní polohy	0,14
- přesun rozváděče CPE 10	0,008
- uzavření chapadla	0,02
- přesun rozváděče CPE 14	0,012
- vyjetí válce do horní polohy	0,18
- přesun svislé jednotky nad obrobek	1,211
celkem	2,794s

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 62
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Z důvodu snížení hmotnosti svislé jednotky se změnilo i dynamické chování lineárního modulu. Z tohoto důvodu byly přepočítány časy přesunu svislé jednotky. Při použití jednoho válce se uvažuje pouze úsek 1-2 (obr.7-1). Celkový čas dosažení dané polohy je rychlejší o 30ms než při použití dvou válců. Pohybovaná hmotnost je v tomto případě 8,2kg.

Závěrem:

Vypočtené časy výměny v obou případech vycházejí pod 3s. Jsou to ale časy čistě teoretické, u kterých nebyly zahrnuty faktory, které mají vliv na celkový čas výměny.

Při určování času cyklu celé výměny nelze uvažovat pouze časy samotných pohybů pneomotorů, chapadel a lineární jednotky, ale musí se zde zahrnout další vlivy, které podstatně ovlivní tento čas. Jsou to např. reakční časy použitých prvků na signály, časy vyhodnocení PLC, časy plnění hadic, časy výměny signálů, apod. Uvedené časy pohybů jednotlivých prvků jsou pouze teoretické a odvozené z technické dokumentace, které platí pouze za určitých podmínek uvedených v dokumentaci.

Reálné časy výměny lze nejen teoreticky velmi těžko určit, ale také jsou ovlivněny ještě jinými faktory. Např. čas otevření (uzavření) chapadla je závislý také na tom, jaký tvar a hmotnost mají instalované čelisti, jaký je tlak v systému, druh použitého rozváděče, délka hadic atd. U válců dále ovlivňuje tyto časy, jestli jsou použita vedení a když tak jestli valivá nebo kluzná, úhel montáže, pohybovaná hmotnost apod. Proto jsou tyto časy jsou zjišťovány experimentálně.

Po konzultacích s technickým poradcem firmy Festo ing. Jiřím Kepkou se došlo k závěru, že výměna obrobku pomocí dvou pneumatických válců nebude pravděpodobně realizovatelná do 3 sekund. Získání přesných hodnot a výsledků se dosáhne pouze měřením.

8 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Ekonomické zhodnocení stanovuje přibližné náklady zhotovení zakladače. Uvedené ceny jsou pouze informativní a jsou bez DPH. Některé ceny byly odhadnuty od cen podobných výrobků.

Investiční náklady

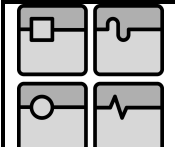
Součásti zakladače

▪ 2x Chapadlo PGN Plus 50	17330 Kč
▪ 2x Pneumatický válec DNC-32-200-PPV-A-KP	21644 Kč
▪ 2x Vedení FENG 32-320-KF	12600 Kč
▪ Lineární modul MKK-25-110 + Motor MKD 71B-061-KG1	117 740 Kč
▪ Příslušenství k lineární jednotce a motoru (regulátor, kabeláž...)	30000 Kč
▪ 2x Energetický řetěz Z.08.16.028.0	862 Kč
▪ Energetický řetěz 10.050.48.0	1260 Kč
▪ Stojiny zakladače	1260 Kč
▪ Vyráběné součásti	15000 Kč
▪ Ostatní součásti	32000 Kč

Náklady na výrobu

▪ mzdové náklady na montáž	75 000 Kč
▪ režijní náklady	145 000 Kč
▪ celkem	469696 Kč

Z ekonomického zhodnocení vyplívá, že náklady na zhotovení zakladače budou ve výši 469 696Kč. Tato hodnota má pouze informativní charakter a slouží pro hrubý odhad.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 64
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

9 ZÁVĚR

Tato práce se zabývala návrhem konstrukce zakladače k bezhroté brusce JUPITER 125, kterou bude vyrábět firma BSH Holice a.s. Zakladač byl navrhnut pro obrobek jehož maximální průměr je 12mm, maximální délka 120mm a hmotnost 0,1kg. Dále bylo požadováno, aby vlastní výměna obrobku v prostoru brusky proběhla do 3 sekund a zakladač byl uzpůsoben pro zabudování do vnitřního prostoru stroje.

Celý zakladač se skládá ze dvou hlavních částí. Svislé jednotky s nosnou hliníkovou deskou a vodorovné osy. Vodorovná osa je pak umístěna na stojinách zakladače.

Vlastní výměna obrobku lze realizovat dvěma způsoby. Buď pomocí dvou pneumatických válců, kdy obrobek bude vkládán i odebírán z prostoru brusky zakladačem, nebo druhá možnost je použití jednoho válce, kdy obrobek je pouze vkládán a odebírání je řešeno odskokem podávacího kotouče. Pro zajištění přesného pohybu válců a zabránění proti pootočení jsou válce vedeny pomocí vodící jednotky FENG s oběžnými kuličkovými pouzdry. Válce s vodícími jednotkami jsou pak připevněny na nosné desce. V tomto řešení je navržena nosná deska pro dva válce, při použití jednoho pneumatického válce se použije deska téměř stejná, akorát bude zkrácena.

Použité pneumatické válce jsou vybaveny brzdou, aby při výpadku provozního média nedošlo k neřízenému pohybu pístu. Dále jsou válce a chapadla vybaveny snímači pro určení polohy. Pneumatický obvod je vybaven jednotkou pro úpravu vzduchu, která se skládá z ručního spínacího ventilu a redukčního ventilu s filtrem, který je vybaven automatickým odpouštěním kondenzátu. Jednotka pro úpravu vzduchu je umístěna na pevné stojině zakladače.

Přesouvání svislé jednotky od dopravníku nad brusný prostor je řešeno pomocí lineárního modulu MKK 25-110, který obsahuje kuličkový šroub a valivé vedení.

Pro správnou funkci zakladače je důležité přesné ustavení zakladače vůči brusce a tím zajištění bezpečné manipulace s obrobkem. Nastavení vodorovné polohy zakladače zajišťuje zvedák levé stojiny. Dále je důležitá rovnoběžnost zakladače s opěrným pravítkem. To je řešeno pomocí drážek pro šrouby, taktéž na stojinách zakladače. Nastavení přesné polohy ve svislém směru je řešeno pomocí nosné desky. Posun v požadovaném směru zajišťují pera.

Pro zajištění výměny obrobku v požadovaném čase byly vybírány komponenty s co nejkratšími časy samotných pohybů. Dále byli součástí vyráběné z hliníku z důvodu menší pohybované hmotnosti. Skutečný čas výměny obrobku nelze přesně určit, neboť je ovlivněn mnoha faktory. Lze určit pouze čas výměny skládající se pouze ze samotných pohybů, který je ale jen informativní, neboť uváděné časy pohybů jednotlivých prvků jsou časy čistě teoretické, jenž platí jen za určitých podmínek.

Zajištění bezpečnosti práce se zakladačem bude řešeno pomocí centrálního vypínače. Ten zajistí zastavení všech pohyblivých částí. Umístění může být buď na zakladači nebo může být využit vypínač brusky. Dalším bezpečnostním opatřením mohou být například zamezení přístupu k dopravníku pomocí různých zábran.

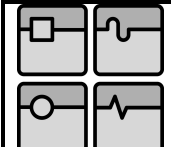
10 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Použitá literatura

- [1] Doc. Ing. HUMÁR, A. CSc.: *Technologie I. Technologie obrábění – 3. Část. Interaktivní multimediální text pro bakalářský a magisterský studijní program*. Vysoké učení technické v Brně, fakulta strojního inženýrství, ústav strojírenské technologie, 2005
- [2] MM SPEKTRUM. *Konstrukce CNC obráběcích strojů-speciální vydání*. 2006, ISSN1212-2572
- [3] SLONIMSKIJ V.I. *Teroie a praxe bezhrotého broušení*. Praha: SNTL, 1955
- [4] HORČIČKA, V. *Návrh konstrukce zakladače k bezhroté brusce BB10*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2006.108s. Vedoucí diplomové práce ing. Radim Blecha PhD.
- [5] Ing. FLIEGER J., Ing. VYŠÍN M. *Studijní opora do předmětu hydraulické a pneumatické mechanismy - Návodů do laboratorních cvičení, řešené příklady*. Brno, 2004
- [6] Doc., Ing., VÁCLAV VRÁNA, Csc.: *10. Základy elektrických pohonů*. Katedra obecné elektrotechniky, Fakulta elektrotechniky a informatiky. VŠB-TU Ostrava, 1998
- [7] LEINVEBER J. – ŘASA J. – VÁVRA P. *Strojnické tabulky. Upravené vydání*. Praha: Scientia, 1999. ISBN 80-7183-164-6
- [8] KOLÍBAL, Z. *Průmyslové roboty I. Konstrukce průmyslových robotů a manipulátorů*. Brno: VUT Brno, 1993
- [9] SVOBODA P. – BRANDEJS J. – PROKEŠ F. *Základy konstruování*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2003. ISBN 80-7204-306-4

Elektronické zdroje

- [10] BSH Holice a.s. *Jupiter, bezhroté broušení na kulato*. 2005 [CD-ROM]
- [11] MM Průmyslové spektrum. *Pohony*. URL: <http://www.mmspektrum.com/clanek/co-dnes-zene-svet-techniky-dale-pohony> >
- [12] Schunk – katalog: *PGN Plus 50*. URL: <http://www.gb.schunk.com> >

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 66
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

- [13] Festo, spol. s.r.o. – katalog. *Příslušenství pro pohony, přímočará vedení bez pohonu*, 2006/10. URL: <<http://www.festo.com>>
- [14] Festo, spol. s.r.o. – katalog. *Válce dle norem, ISO 15552 (ISO 6431 a VDMA 24562)*, 2006/10. URL: <<http://www.festo.com>>
- [15] Festo, spol. s.r.o. – katalog. *Prvky pro tlumení*, 2006/10. URL: <<http://www.festo.com>>
- [16] Festo, spol. s.r.o. – katalog. *Jednotky pro manipulaci, přímočaré moduly*, 2006/10. URL: <<http://www.festo.com>>
- [17] BoschRexroth Group – katalog. *Linear Modules, Robotic Erector System for Linear Modules*, RE 82 402/2003-10. URL: <<http://www.boschrexroth.com>>
- [18] BoschRexroth Group – katalog. *Controllers, Motors, Electrical Accessories, Servomotors*, RE 82 710/2003-11. URL: <<http://www.boschrexroth.com>>
- [19] <<http://www.ferona.cz>>
- [20] <<http://www.hennlich.cz>>
- [21] <<http://www.hoerbirger.com>>
- [22] <<http://www.smc.cz>>
- [23] <<http://www.stasto.cz>>

11 SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK

Značka	Veličina	Jednotka
α	- úhel sklonu vedení od svislé od vertikální osy	[°]
a	- zrychlení	[m.s ⁻²]
A	- vysunutí	[mm]
E_T	- přeběh	[mm]
F	- max. užitečná zátěž v závislosti na vysunutí A	[mm]
F_X	- skutečná zátěž	[N]
g	- tíhové zrychlení	[m.s ⁻²]
H	- šířka brousícího kotouče	[mm]
i	- převodový poměr	[-]
k_1, k_2, k_3	- konstanta	[-]
L	- délka lineárního modulu	[mm]
L_{max}	- maximální délka broušené části obrobku	[mm]
m	- pohybovaná hmotnost	[kg]
m_{fr}	- externí zatížení lineárního modulu	[kg]
M_a	- rozběhový moment	[Nm]
M_{fr}	- třecí moment na hřídeli motoru	[Nm]
M_{Mmax}	- maximální moment motoru	[Nm]
M_{perm}	- maximální přípustný moment modulu	[Nm]
n	- otáčky motoru	[min ⁻¹]
n_{max}	- maximální otáčky motoru	[min ⁻¹]
P	- stoupání kuličkového šroubu	[mm]
s_1	- vzdálenost mezi body 1 a 2	[mm]
s_2	- vzdálenost mezi body 2 a 3	[mm]
s_3	- vzdálenost mezi body 3 a 1	[mm]
s_a	- dráha rozběhu	[mm]
s_{c1}	- dráha při konstantní rychlosti mezi body 1- 2	[mm]
s_{c2}	- dráha při konstantní rychlosti mezi body 2- 3	[mm]
s_{c3}	- dráha při konstantní rychlosti mezi body 3 - 1	[mm]
t	- čas	[s]
t_1	- celkový čas mezi body 1- 2	[s]
t_2	- celkový čas mezi body 2 - 3	[s]
t_3	- celkový čas 3 - 2	[s]
t_a	- čas rozběhu	[s]
t_{c1}	- čas pohybu při konstantní rychlosti	[s]
t_{c2}	- čas pohybu při konstantní rychlosti	[s]
t_{c3}	- čas pohybu při konstantní rychlosti	[s]
J_{fr}	- moment setrvačnosti cizích hmot reduk. na osu motoru	[kg.m ²]
J_{BR}	- moment setrvačnosti brzdy	[kg.m ²]
J_K	- moment setrvačnosti spojky	[kg.m ²]
J_M	- moment setrvačnosti motoru	[kg.m ²]
J_S	- m. setrv. modulu s cizí hmotou reduk. na osu motoru	[kg.m ²]
J_{Tot}	- celkový moment setrvačnosti	[kg.m ²]
v	- rychlost posuvu svislé jednotky	[m.min ⁻¹]
v_{max}	- maximální rychlost svislé jednotky	[m.min ⁻¹]
v_{perm}	- maximální přípustná rychlost posuvu modulu	[m.s ⁻¹]
X	- vzdálenost těžiště užitečné zátěže	[mm]
Z	- požadovaný zdvih	[mm]

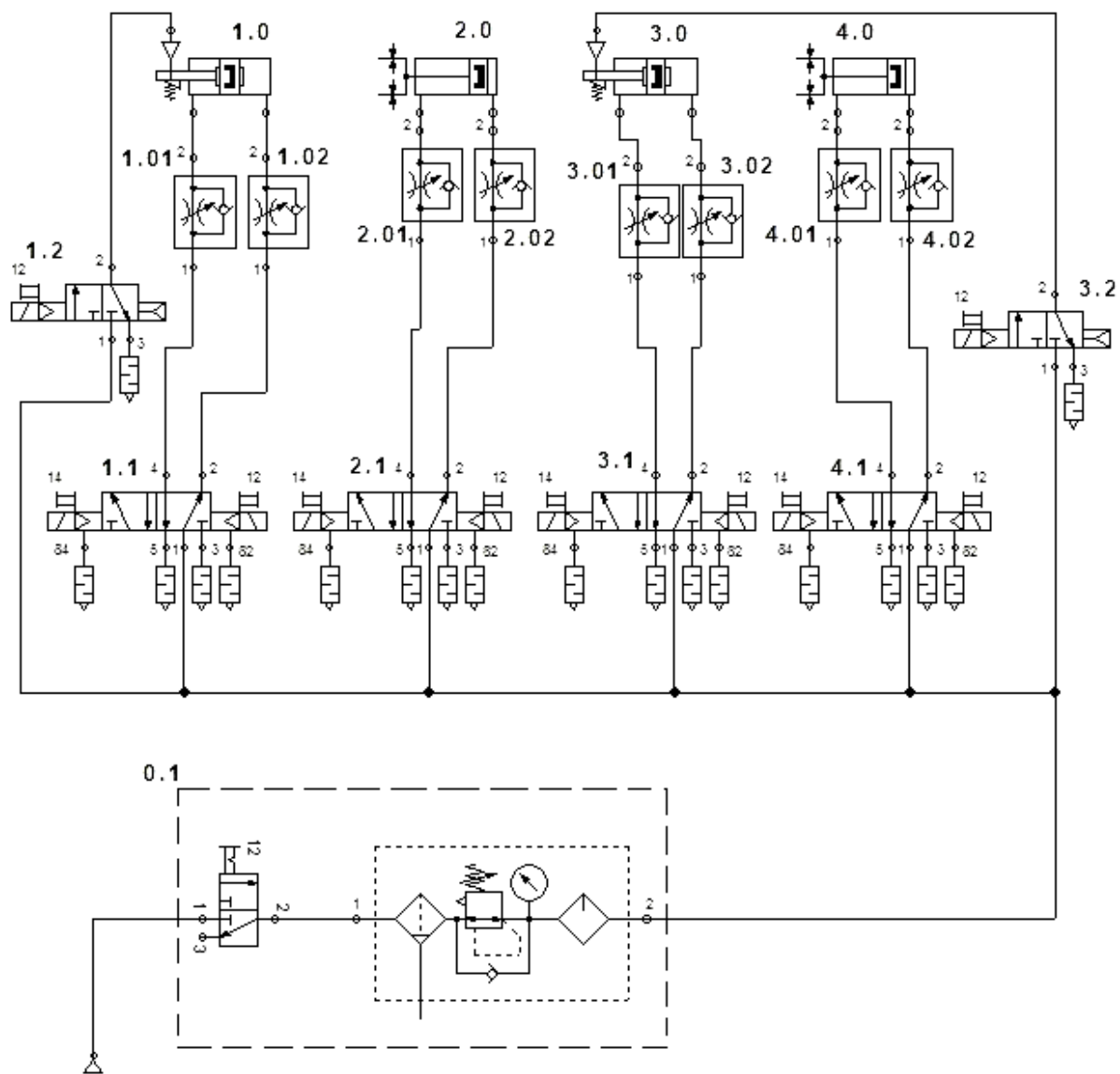
12 SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha č.1** Pneumatický obvod zakladače
Příloha č.2 3D model – Svislá jednotka – zkrácená deska
Příloha č.3 3D model – Svislá jednotka – dva zdvihy
Příloha č.4 3D model – Zakladač s bruskou – přední pohled
Příloha č.5 3D model – Zakladač – zadní pohled
Příloha č.6 3D model – Zakladač s bruskou – přední pohled
Příloha č.7 3D model – Zakladač s bruskou – zadní pohled

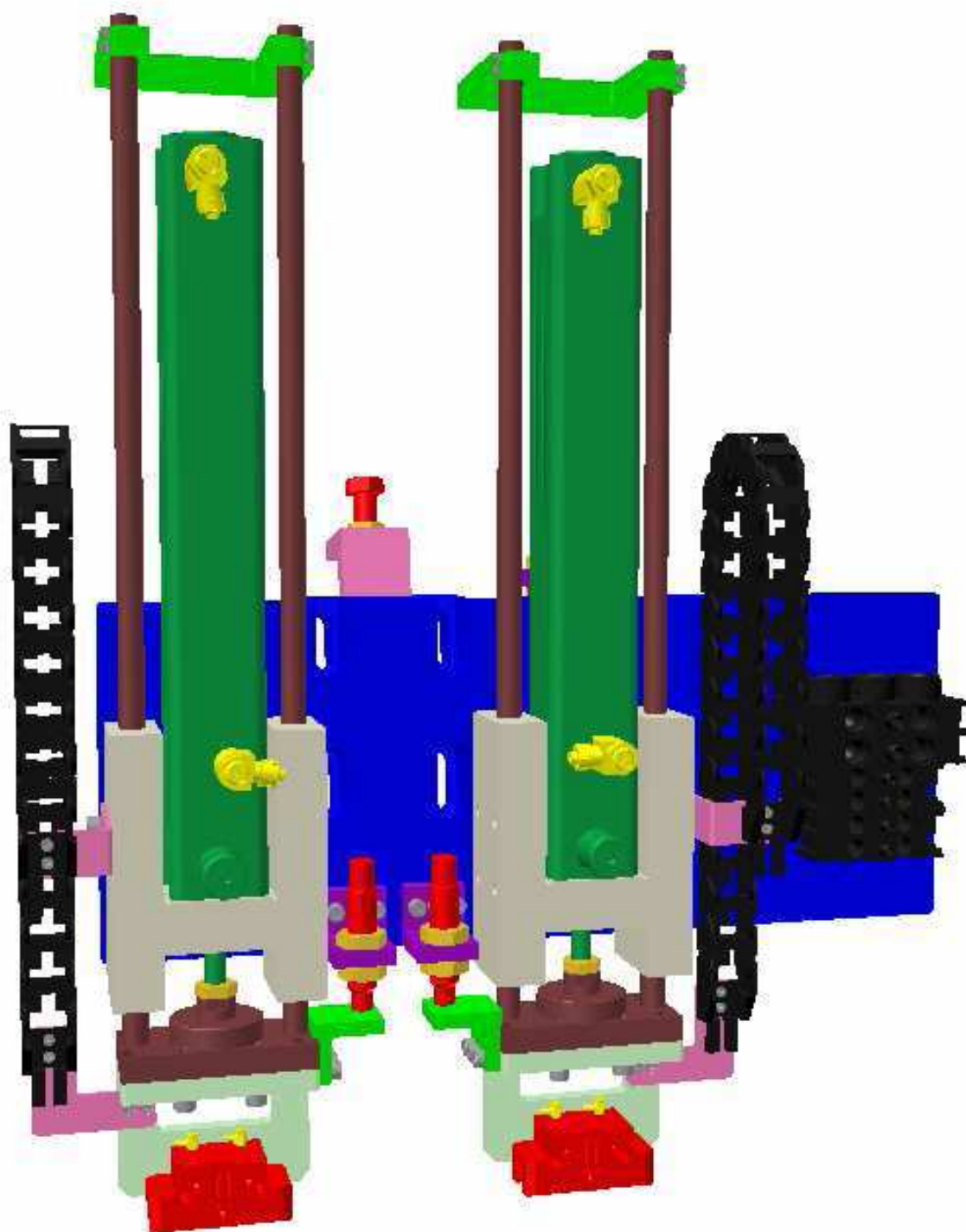
Seznam výkresové dokumentace

Zakladač	08-0-M-1000-000
Svislá jednotka s deskou	08-1-M-1100-000
Spojovací člen levý	08-3-M-1100-001

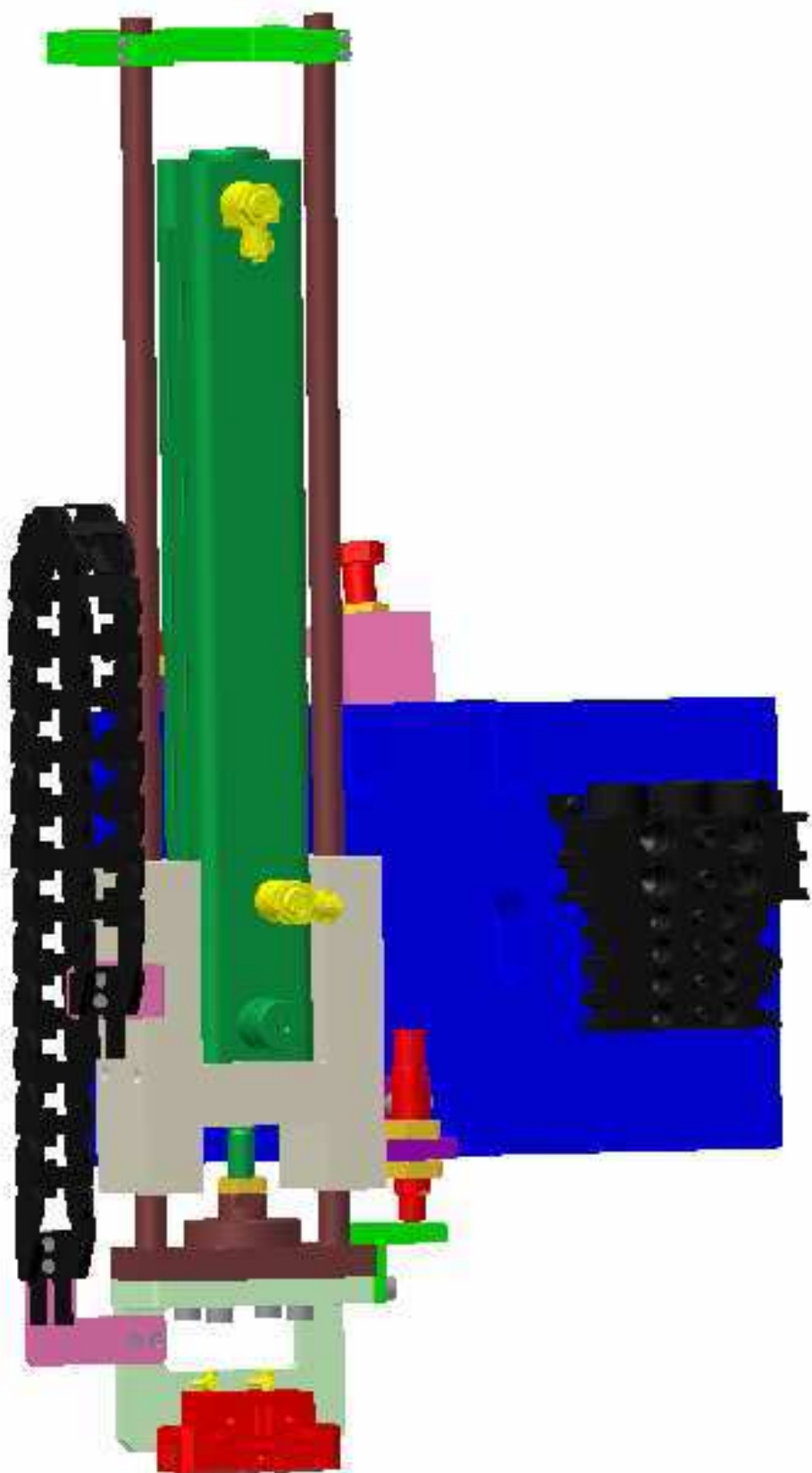
PŘÍLOHY



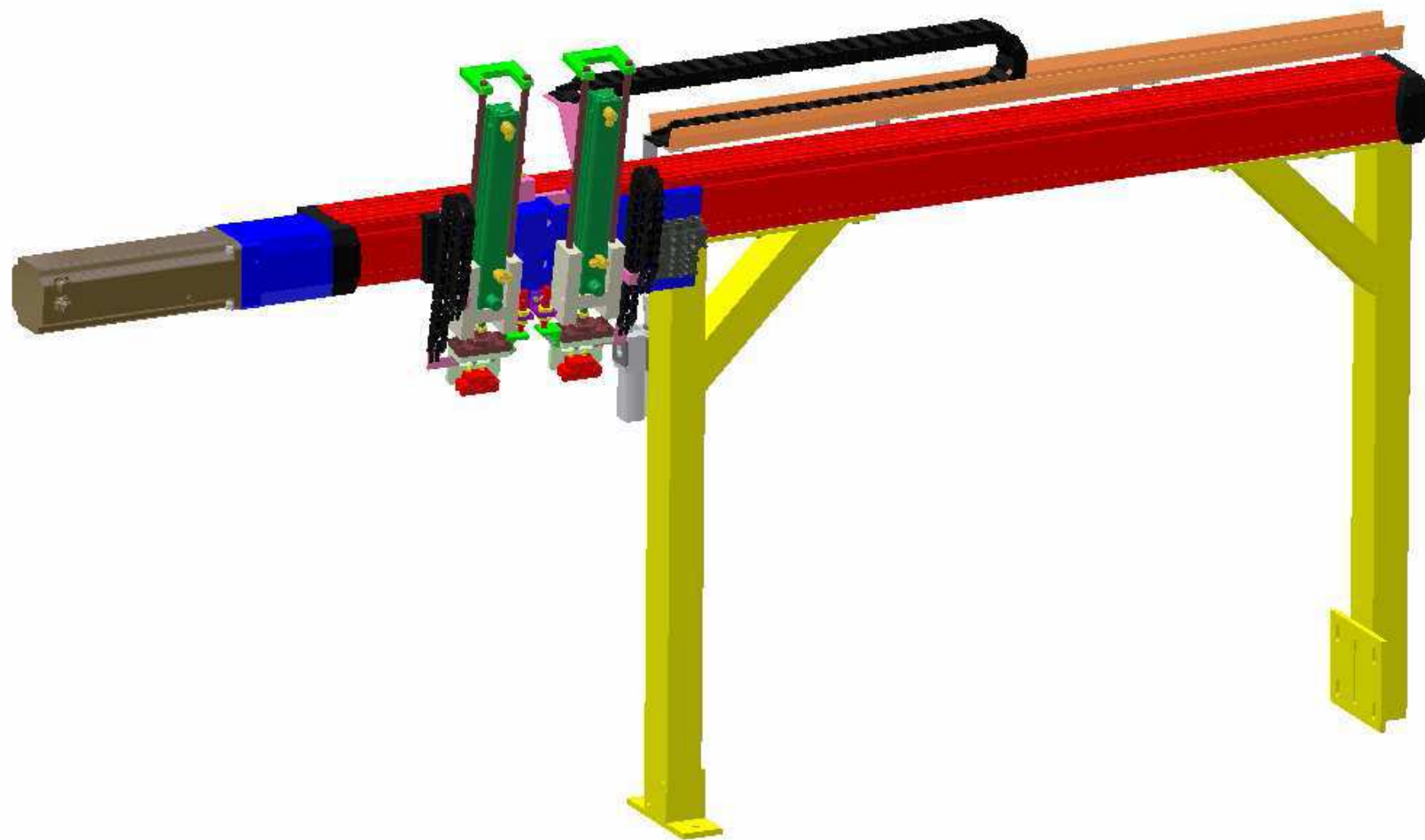
Příloha č. 1 Pneumatický obvod zakladače



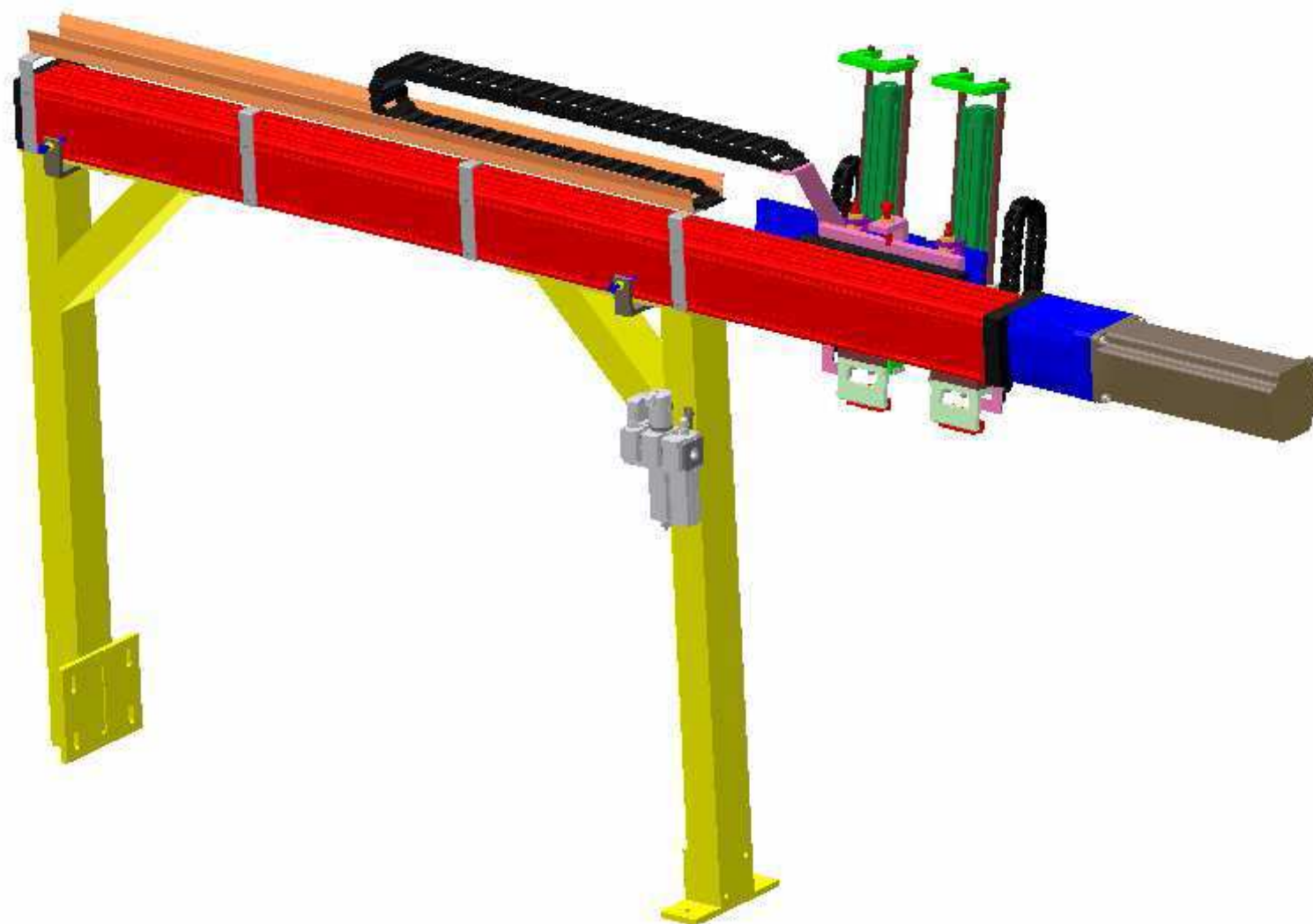
Příloha č.3 3D pohled – Svislá jednotka – dva zdvihy



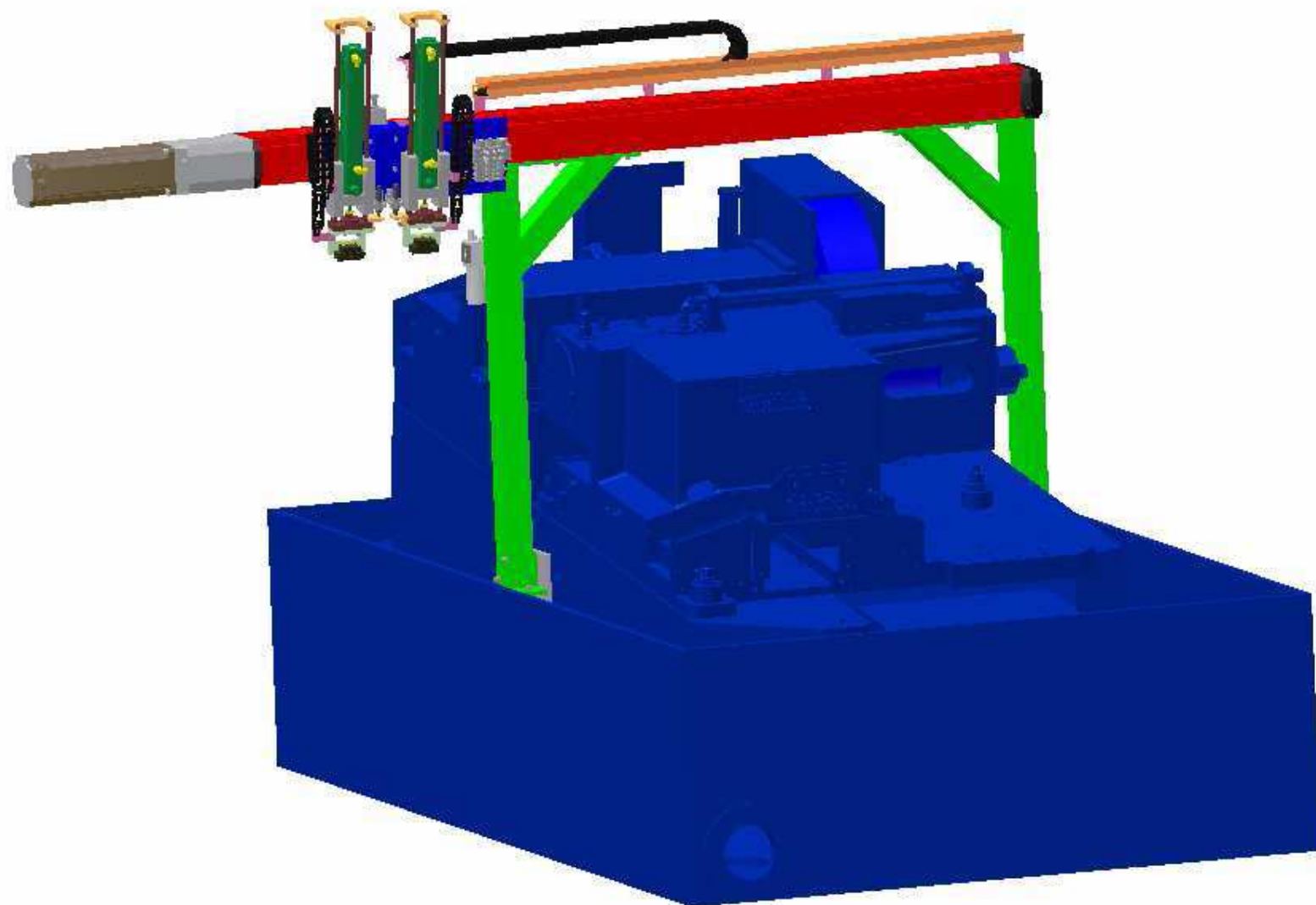
Příloha č.2 3D pohled – Svislá jednotka – zkrácená deska



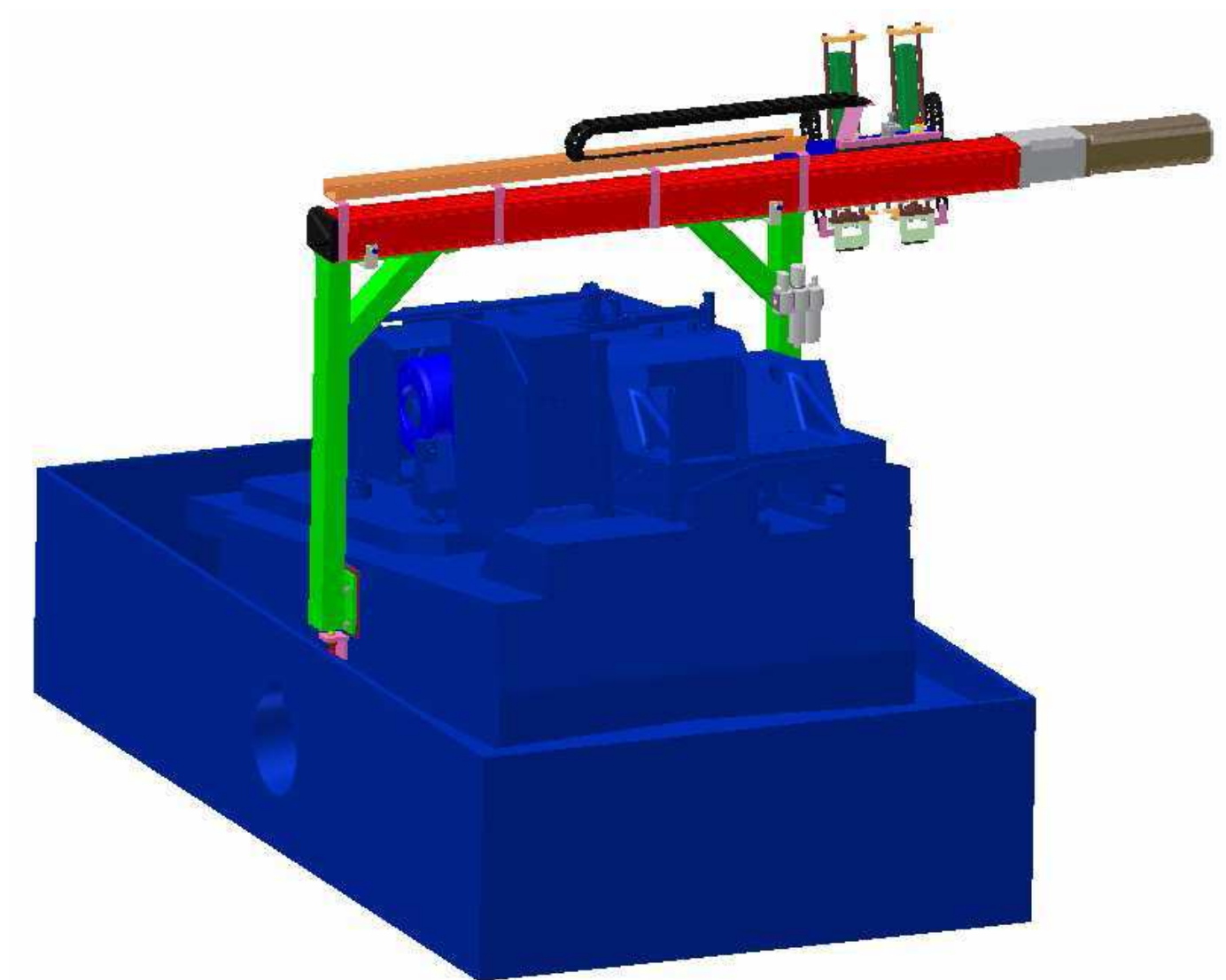
Příloha č.4 3D pohled – Zakladač s bruskou – přední pohled



Příloha č.5 3D pohled – Zakladač – zadní pohled



Příloha č.6 3D pohled – Zakladač s bruskou – přední pohled



Příloha č.7 3D pohled – Zakladač s bruskou – zadní pohled